PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTROTECHNIKÓW POLSKICH

pod naczelnym kierunkiem prof. M. POŻARYSKIEGO.

Rok IX. 15 Lutego 1927 r. Zeszyt 4.

Redaktor inż. WACŁAW PAWŁOWSKI. Warszawa. Czackiego 5, tel. 90-23.

Opór elektryczny metali w temperaturach bardzo niskich.

Dr. W. Werner

Referat, wygłoszony w Kole Warsz. Stow. Elektr. Polskich dnia 7 grudnia i w Oddz. Warsz. Pol. Tow. Fizycznego d. 31 maja 1926 r.

§ 1.

Dobrze znany wzór na zależność oporu metali od temperatury

$$W_t = W_0 (1 + \alpha t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

stosuje się z dużą dokładnością do metali czystych w temperaturach zwykłych. Spółczynnik termiczny α dla tych metali (z wyjątkiem tantalu) jest większy, niż spółczynnik rozszerzalności termicznej gazów $\left(\frac{1}{273}\right)$, gdyby więc wymienione prawo stosowało się i do temperatur bardzo niskich, musielibyśmy w pobliżu zera bezwzględnego ($t = -273^0$) dojść do ujemnych wartości oporu. Prawo nie może więc sięgać tak daleko.

Jakim zmianom ono ulega w niskich temperaturach, interesuje nas zarówno ze względów teoretycznych, wiążących się z zagadnieniem mechanizmu przewodzenia w metalach, jak i praktycznych, ponieważ termometry oporowe okazały się najdogodniejszym przyrządem do mierzenia temperatur bardzo niskich.

Zmarły niedawno twórca i kierownik Laboratorjum Kryogenicznego w Leydzie, prof. H. Kamerlingh Onnes wraz ze swymi spółpracownikami podjął to zagadnienie, korzystając z bogatych środków i udoskonalonej techniki niskich temperatur w Laboratorjum, w którem ciekły hel należy do powszednich środków badania [1]). Przedewszystkiem poddano badaniu platynę, używaną przeważnie do termometrów oporowych. Rys. 1 pokazuje, że istotnie krzywa spadku oporu staje się coraz mniej stromą, a w końcu opór zatrzymuje się na wartości stałej, niezależnej od dalszego ochładzania. Stosunek tego „oporu pozostałego" do oporu w temperaturze normalnej nie był jednakowy dla różnych próbek: różnice były prawdopodobnie związane z obecnością większych lub mniejszych zanieczyszczeń innemi metalami. To zostało potwierdzone przez pomiary drutów złotych, których zanieczyszczenia można było zbadać liczbowo (wynosiły one od 0,005 do 0,015%). Widzimy, że krzywe dla różnych próbek przebiegają równolegle do siebie (ob. rys. 1), zbliżając się tem bardziej do zera oporu, im mniejsze zanieczyszczenie. Jeśli obliczyć przez extrapolację wartości oporu chemicznie czystego złota, to otrzymamy krzywą (linja przerywana na rysunku) równoległą do tamtych, zbliżającą się asymptotycznie do zera. Wyniki badań platyny i złota prowadzą do twierdzenia, że drobne zanieczyszczenia powodują wzrost oporu pozostałego metalu czystego (dla złota od zera) o pewien stały „opór dodatkowy", niezależny od temperatury, a rosnący ze zwiększającem się zanieczyszczeniem.

[1]) Hel ciekły wrze normalnie w temperaturze bezwzględnej $T = 4{,}^0 25$; zmniejszając ciśnienie, można obniżyć temperaturę wrzenia do $T = 1{,}^0 5$ (najniższa osiągnięta wynosiła $T = 0{,}^0 9$). Temperaturę powyżej $4{,}^0 25$, a poniżej punktu wrzenia wodoru ($T = 14^0$), osiąga się przez podgrzewanie elektryczne pary, uchodzącej z wrzącego normalnie helu.

§ 2.

Okazująca się możliwość osiągnięcia oporu równego zeru w wypadku metalu zupełnie czystego skłoniła K. Onnesa do poddania badaniu skrupulatnie przez kilkakrotną dystylację oczyszczanej rtęci. Szczęśliwy traf, iż, jak dziś wiemy, rtęć należy do bardzo nielicznej grupy metali nadprzewodzących, doprowadził holenderskiego badacza w r. 1910 do odkrycia zupełnie nieoczekiwanych zjawisk, co uwieńczyło jego mozolne poszukiwania. Opór zakrzepłej w rurce włoskowatej rtęci wyznaczano, mierząc natężenie prądu, przesyłanego przez tak utworzony przewód, oraz panujące na końcach przewodu napięcie. W miarę oziębiania rtęci napięcie malało dość szybko, poczem po osiągnięciu temperatury bezwzględnej $T = 4{,}^0 19$ K.[2]) nagle znikało zupełnie. (Ob. rys. 1 i 2). Opór (stosunek napięcia do natężenia) stawał się nagle nieuchwytnie małym; stosunek do oporu w temperaturze normalnej był napewno nie większy od 1:1 000 000.

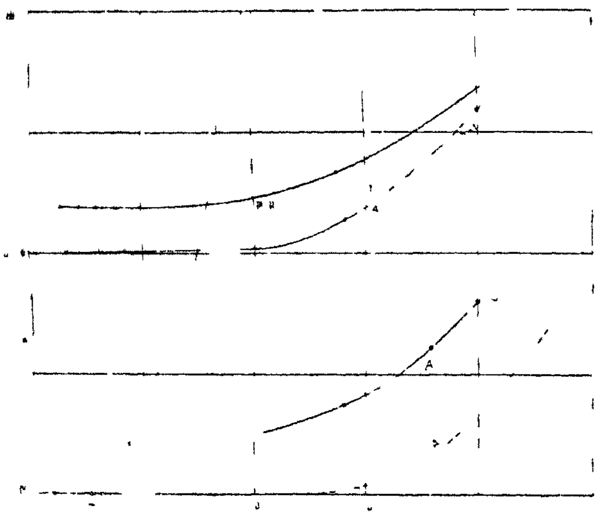
Nowe to, a zagadkowe zjawisko nazwano nadprzewodnością (superconductivity); wykazujące je metale *nadprzewodnikami;* temperaturę nagłej zmiany oporu — *punktem zanikania* (vanishing point). Dalsze badania pozwoliły ustalić trzy cechy, charakteryzujące zjawisko: 1) opór staje się niewymierzalnie mały, 2) przejście od przewodzenia do nadprzewodzenia odbywa się nagle [1]), 3) pole magnetyczne może niszczyć wpływ niskiej temperatury (ob. § 3).

Następnym metalem, w którym wykryto nadprzewodność, był ołów (temperatura zanikania $T = 7{,}^0 2$ K). Rtęć i ołów leżą blisko siebie w układzie pierwiastków Mendelejewa; to nasunęło myśl poszukiwania zjawiska w innych metalach, umieszczonych w ich sąsiedztwie. W ten sposób znaleziono nadprzewodność cyny, ($T = 3{,}7^0$ K), indu ($T = 3{,}41^0$ K) i ta-

[1]) Przejście odbywa się w obrębie $0{,}02^0$ do $0{,}03^0$. Jako temperaturę zanikania przyjmuje się tę temperaturę, w której opór gwałtownie obniża się do połowy pierwotnej wartości.

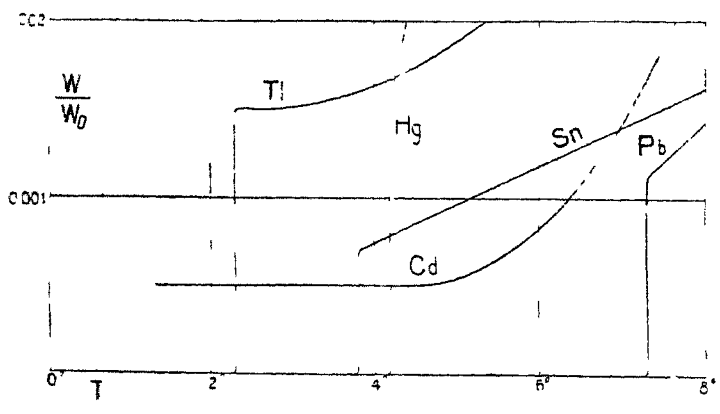
[2]) K oznacza skalę Kelvina.

lu (T = 2,47° K). (Ob. rys. 2). Na tem jednak kończy się lista nadprzewodników: w żadnym innym metalu nie udało się go dotychczas stwierdzić. Blisko położone gal i german nie traciły oporu nawet w najniższych temperaturach, złoto zupełnie czyste prawdopodobnie dałoby się doprowadzić do oporu zerowego (ob. § 1), ale bez nagłego przejścia, charakteryzującego nadprzewodność. Kadm okazał się wra-



Rys 1.

żliwym na najdrobniejsze domieszki ołowiu: wystarczało przeciągnąć drut kadmowy przez okular, przez który przedtem ciągniono druty ołowiane, by z próbki o skończonym oporze pozostałym uczynić przewodnik, dochodzący do oporu 0, coprawda bez nagłego zanikania. Kadm i złoto zdają się tworzyć grupę



Rys. 2.

przejściową pomiędzy metalami obdarzonemi, a pozbawionemi objawów nadprzewodności. Inne metale nie dały się doprowadzić do stanu nadprzewodzenia. Ostatnie badania Meissnera z Berlina, wykonane z bardzo czystemi preparatami złota, cynku i kadmu w postaci drutów jednokryształowych, w temperaturze 1,3° K, dały też wynik ujemny.

§ 3.

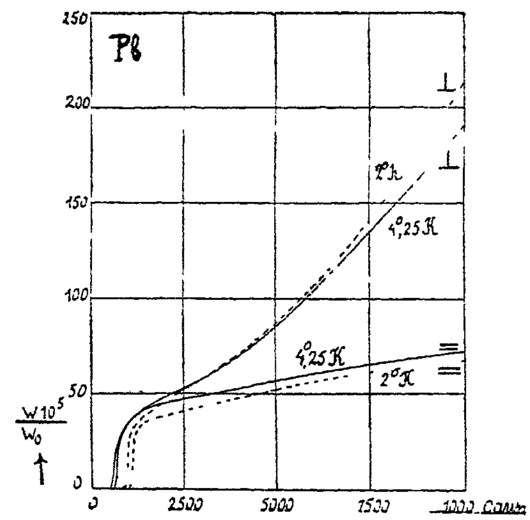
Jeśli na opisaną przemianę typu przewodzenia spojrzeć od strony najniższych osiągalnych temperatur, to można stan nadprzewodnictwa przyjąć za normalny, lecz ulegający zniweczeniu, gdy temperatura osiągnie pewną określoną wartość, którą możemy nazwać „progiem" lub „wartością progową". Zachodzi pytanie, czy nie istnieją inne czynniki, będące również w stanie zniweczyć nadprzewodność.

Takim czynnikiem okazało się pole magnetyczne; wpływ jego na opór objawia się podobnie do wpływu temperatury (ob. rys. 3). I tu istnieje wartość progowa, a krzywa oporu, nazwana „krzywą przejścia" (transition curve), przebiega podobnie do „krzywej zanikania", choć mniej stromo. Oba czynniki niszczące nadprzewodność, wspierają się nawzajem, tak, że wartość progowa pola staje się tem większą, im niższa temperatura, t. j. im dalej od progu temperatury znajduje się przewodnik. Znaleziona empirycznie zależność wartości progu H od temperatury T wyraża się wzorem:

$$H_p = \alpha (T^2 - T_z^2),$$

gdzie T_z jest temperaturą zanikania.

I w zwykłem przewodzeniu znamy wpływ pola magnetycznego na opór przewodnika: jest to t. zw. podłużne zjawisko Hall'a[1]; tu jednak charakter działania jest odmienny. W zjawisku Hall'a wpływ wywiera tylko pole poprzeczne względem przewodnika, w wypadku nadprzewodzenia działają zarówno pola poprzeczne, jak podłużne. Rys. 3 przedstawia wpływ obu rodzajów pól; póki trwa stan nadprzewodzenia, obie krzywe niewiele tylko różnią się od siebie; gdy nadprzewodność została zniszczona, opór rośnie przeważnie pod wpływem pola poprzecznego, tak, jakby zjawisko Hall'a dodawało się tu do innego, o odmiennym charakterze, a prawie niezależnego od kierunku pola.



Rys. 3.

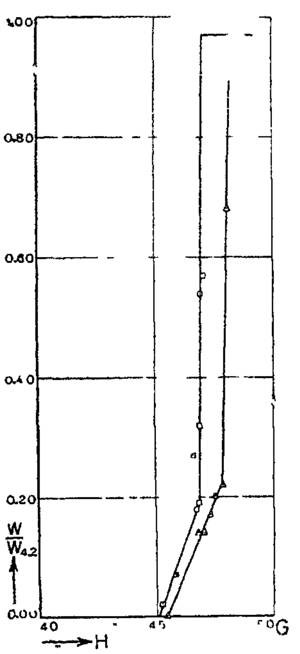
§ 4.

Nadzwyczaj ciekawe wyniki dało dokładne zbadanie przez Sizoo, de Haas'a i Kamerlingh Onnesa krzywych przejścia. Krzywa pojawiania się oporu

[1]) Jeśli płaski przewodnik, po którym płynie prąd, umieścić w poprzecznem polu magnetycznem, to linje prądu ulegają zagięciu ku brzegom przewodnika; objaśniamy to powstawaniem sił elektromotorycznych, prostopadłych do kierunku pola i do kierunku prądu (poprzeczne zjawisko Hall'a). Szczególnie silnie zjawisko występuje w bizmucie. Obok tych sił poprzecznych mogą występować też siły elektromotoryczne w kierunku samego prądu (zjawisko podłużne Hall'a), a wpływ ich będzie taki, jakgdyby opór przewodnika ulegał zmianie. I tu bizmut figuruje na pierwszem miejscu. Oba zjawiska występują szczególnie silnie w temperaturach niskich.

(pole rosnące) jest ciągła i odpowiada wyższym wartościom pola, niż krzywa zanikania oporu (pole malejące), która nadto ma charakter wyraźnie nieciągły. Istnieje tu więc rodzaj histerezy, której przyczyn prawdopodobnie należy szukać w wytwarzaniu się jakiegoś układu atomów, sprzyjającego nadprzewodzeniu i okazującego pewien stopień trwałości).

Bliższym studjom poddali wymienieni badacze sprawę nieciągłości krzywej zanikania oporu, zauważonej nasamprzód w drucie cynowym. Przypisano je obecności ograniczonej liczby indywidualnych kryształów, z których każdy traci opór nagle i niezależnie od pozostałych. Dla sprawdzenia tej hipotezy zbadano drut cynowy jednokryształowy; okazało się, że zarówno zanikanie, jak pojawianie się oporu odbywało się nagle, choć też przy różnych wartościach pola (ob. rys. 4). Przeprowadzono też pomiar z drucikiem cynowym, który roztopiono na blaszce niklowej, a następnie bardzo powoli ochładzano; w tych warunkach powinien był powstać jeden tylko kryształ, i istotnie zanikanie oporu odbywało się w sposób nagły; jednakże krzywa pojawiania się oporu i tu była ciągła.



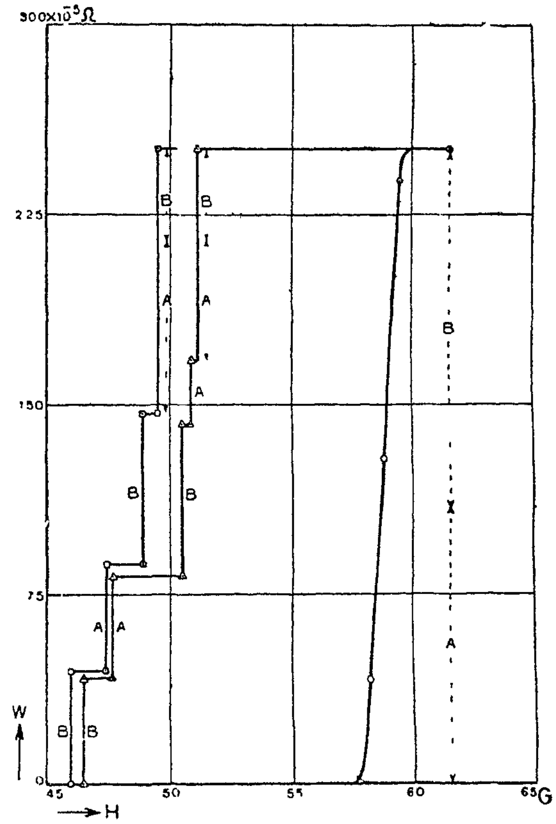
Rys. 4.

I w rtęci opór pojawia się w sposób ciągły przy wzmaganiu pola, natomiast krzywa zanikania rozpada się na kilka zupełnie wyraźnych, nagłych skoków, połączonych przez odcinki poziome (rys. 5). Tu wyraźnie widać wpływ poszczególnych indywiduów, które kolejno przechodzą przez proces utracania oporu; przyczyną niejednoczesności tego procesu może być różna orjentacja kryształów względem pola; istotnie zmiana pola podłużnego na poprzeczne zmienia wielkość i położenie skoków, co jakościowo potwierdza powyższe przypuszczenie; na potwierdzenie ilościowe materjał doświadczalny jest jeszcze za skąpy.

Że nagłe skoki oporu występują nie w całym drucie, lecz w poszczególnych jego częściach, sprawdzono, dzieląc drut na dwie połówki i mierząc opór każdej połówki oddzielnie oraz obu razem. Pierwszy skok występował zawsze jednocześnie w obu połówkach (szczegół niewyjaśniony), następnie pojawiały się to w jednej części, to w drugiej, a wytworzonej zmianie oporu w jednej połowie odpowiadała zawsze dokładnie zmiana oporu całego przewodnika.

Skoki oporu nie są bynajmniej czemś przypadkowem, gdyż powtarzając doświadczenie, otrzymuje się te same skoki tak co do wielkości, jak i położenia (ob. rys. 5). Ta „odtwarzalność" krzywych zmiany oporu jest jednak związana z warunkiem, by pole miało wartość tak dużą, że w niem opór osiąga najwyższą wartość, możliwą w temperaturze doświadczenia, inaczej mówiąc, wszystkie indywidua muszą wpierw utracić całkowicie swą nadprzewodność. Jeśli ten warunek nie zostaje dotrzymany i pole jest osłabione, zanim opór wzrośnie należycie, to towarzyszące temu zanikanie oporu odbywa się w sposób ciągły. Skoki obserwowane w różnych temperaturach, naogół nie odpowiadają sobie; tylko w poszczególnych wypadkach krzywe są podobne do siebie, jakgdyby rysowane w zmienionej skali.

Streszczając, możemy powiedzieć, że naogół pojawianie się oporu pod wpływem pola magnetycznego odbywa się w sposób przeciągły, zanikanie oporu przy usuwaniu pola — w sposób nieciągły, uwarunkowany prawdopodobnie przez nagłe przechodzenie w stan nadprzewodności poszczególnych kryształów, z których składa się przewodnik. Przy wielkiej liczbie kryształów przebieg zanikania staje się pozornie ciągłym; w tym wypadku i wpływ kierunku pola musi się stawać znikomo małym (ob. § 3).



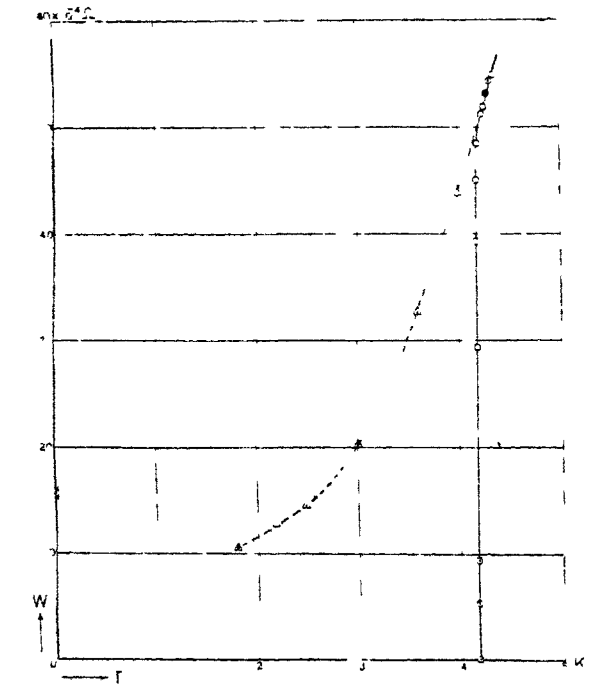
Rys. 5.

Gdy pole zostaje tak wzmocnione, że wszystkie indywidua utraciły swą nadprzewodność, drut osiąga najwyższy opór, możliwy w danej temperaturze. Jeśli przez punkty, odpowiadające tym wartościom maksymalnym, przeprowadzić krzywą, to stanowi ona gładkie przedłużenie normalnej krzywej zależności oporu od temperatury; krzywa zdaje się przytem zdążać do stałej wartości „oporu pozostałego"; w dostatecznie silnem polu magnetycznem krzywa zmiany termicznej oporu nie wykazuje żadnej anomalji (ob. rys. 6).

§ 5.

Również prąd, płynący przez nadprzewodnik, posiada wartość progową: po jej przekroczeniu (w niektórych wypadkach wynosiła ona 1200 A/mm²) zjawia się opór. Wartość ta zależy w zawiły sposób

kształtu i wielkości jego przekroju. Do wyjaśnienia tych zależności przyczyniła się hipoteza amerykańskiego fizyka Silsbee, że działanie prądu sprowadza się do działania pola magnetycznego, przez ten prąd wzbudzonego; wartość progowa prądu byłaby więc tylko objawem wtórnym. Silsbee oparł swą hipotezę na dwuch faktach: 1) dla przewodnika zwiniętego w solenoid próg prądu jest mniejszy, niż dla przewodnika wyprostowanego; 2) jeśli dla różnych drutów prostych z tego samego materjału, w tej samej temperaturze, lecz o innych promieniach przekroju r obliczyć progowe wartości wyrażenia $\frac{2i}{r}$, to otrzymuje się liczby mniej więcej równe sobie. Wyrażenie powyższe jest miarą natężenia pola magnetycznego, wywołanego przez płynący po przewodniku prąd i na samej powierzchni przewodnika. Niweczenie nadprzewodności objaśnia się w sposób prosty: gdy pole w warstwie powierzchniowej osiągnie wartość progową (w warstwach pozostałych będzie słabsze), warstwa ta przestaje nadprzewodzić, a przez to cały prąd, którego natężenie całkowite i nie ulega zmianie, zostaje skupiony w pozostałej części drutu nadprzewo-



Rys. 6.

łzącego. Promień tej części jest teraz mniejszy, zatem pole w warstwie granicznej staje się jeszcze ilniejsze, co niszczy nadprzewodność i w tej wartwie. Promień części nadprzewodzącej maleje coaz bardziej i kolejno wszystkie warstwy wyzbywają ię nadprzewodności: układ jest tu widocznie w staie równowagi nietrwałej: najlżejsze zakłócenie wainków nadprzewodności w warstwie zewnętrzenje owoduje zburzenie ich w całym układzie.

Langevin poddał to zjawisko analizie matemaycznej, która wykazała istnienie trzech warstw: wenętrzna, niezmiernie cienka nić osiowa pozostaje ıdprzewodzącą, gdyż pole w niej nie osiąga wartoi progowej; warstwa zewnętrzna o polu powyżej ogu staje się zwykłym przewodnikiem; pomiędzy temi dwiema warstwami istnieje trzecia, przejściowa, gdzie pole ma wartość progową, a gęstość prądu jest chwiejna.

Tuyn sprawdzał doświadczalnie hipotezę Silsbee: przez pusty walec z cienkiej blachy cynowej, oziębionej poniżej temperaty przejścia, przepuszczał prąd 2 A; wzdłuż osi walca biegł drut ołowiany (w tej temperaturze nadprzewodzący), przez który płynął prąd o kierunku odwrotnym, o dającem się zmieniać natężeniu. Pola magnetyczne, wytwarzane przez oba prądy, osłabiały się wzajemnie. Gdy prąd osiowy był równy zeru, pole prądu w walcu niszczyło nadprzewodność walca, który też posiadał opór skończony. Wzmaganie prądu osiowego kompensowało stopniowo pole, istniejące na powierzchni walca, i opór walca powoli malał, dochodząc prawie do zera; przy dalszym wzroście prądu osiowego przeważało i rosło pole, przezeń wytworzone, a wskutek tego opór walca znów wzrastał. Ten wynik potwierdza naogół hipotezę, że decydującym czynnikiem jest nie sam prąd, lecz wytworzone przezeń pole, jednak pewne szczegóły pozostają niewyjaśnione, a mianowicie niezupełna kompensacja pól, wskutek czego właściwa nadprzewodność nie wystąpiła, oraz okoliczność, że najmniejszy opór osiągnięto wtedy, gdy prąd osiowy wyniósł zaledwie połowę prądu w walcu. Przyczyna może leżeć w tem, że pole własne prądu w walcu nie jest jednostajne, lecz rośnie od warstwy wewnętrznej ku zewnętrznej, oraz w możliwej nierównomiernej gęstości prądu; nie jest jednak wykluczonem, że prąd elektryczny działa niszcząco na nadprzewodność nietylko za pośrednictwem wytwarzenego prze siebie pola.

§ 6.

Prąd, wzbudzony w przewodniku przez krótko trwający impuls, zanika według znanego prawa

$$i = i_0 e^{-\frac{L}{W}t}$$

gdzie W oznacza opór przewodu, L jego indukcyjność, a t czas. Po upływie czasu $\tau = \frac{L}{W}$, zwanego czasem relaksacji, natężenie prądu i spada do $\frac{1}{e}$ wartości początkowej i_0. W przewodach zwykłych czas ten wynosi zazwyczaj nieznaczne części sekundy. Niezwykle małe wartości oporu nadprzewodników muszą powodować wielkie wartości czasu relaksacji, a ta okoliczność nasunęła K. Onnesowi myśl zrealizowania prądów trwałych, które, raz wzbudzone, płynęłyby bez żadnego osłabienia po usunięciu wywołującej je siły elektrobodźczej.

Doświadczenie świetnie potwierdziło te oczekiwania. Sporządzano cewkę z drutu ołowianego lub cynowego[1]) i umieszczano ją w polu magnetycznem; wzbudzone przytem prądy indukcyjne zanikały wskutek normalnego oporu cewki. Teraz dopiero ochła-

[1]) Przewodność nadprzewodników jest tak wielka, że wobec nich wszelkie przewodniki zwykłe zachowują się jak izolatory. To umożliwia nawijanie cewek nadprzewodzących na korpusy metalowe, np. miedziane.

dzano ją poniżej temperatury zanikania i usuwano pole; wzbudzony tam prąd odchylał zawieszoną tuż obok igłę magnetyczną. Okazało się, że raz odchylona igła pozostawała w swem odchyleniu, nie wykazując najmniejszej tendencji do powrotu do położenia równowagi, w ciągu 6 godzin trwania doświadczenia (na dłuższą obserwację nie pozwalał ograniczony zapas ciekłego helu w kryostacie). Prąd, wzbudzony indukcyjnie w cewce, trwał przez kilka godzin bez widocznego osłabienia.

Doświadczenie powyższe ulepszono jeszcze, używając dwóch pierścieni ołowianych o duzym przekroju. Większy z tych pierścieni był nieruchomy, drugi mniejszy był umieszczony w nim spółśrodkowo, zawieszony na cienkim druciku. Pierścienie umieszczano w polu, prostopadłem do ich powierzchni, a po ochłodzeniu pole usuwano; wzbudzone w pierścieniach prądy indukcyjne działały na siebie tak, jak prądy w cewkach elektrodvnamometru: pierścień wewnętrzny był odchylany; połaczona z zawieszeniem sprężynka pozwalała sprowadzać kąt odchylenia do pozadanej wielkości (30°). Natężenie wzbudzonych prądów było ogromne: 370 i 170 amp. W ciągu sześciogodzinnej obserwacji, poza drobnemi nieregularnemi wahaniami, zależnemi zapewne od odkształceń sprężystych zawieszenia, nie udało się zauważyć żadnego zmniejszenia odchylenia, a więc i osłabienia prądów. Na podstawie czułości urządzenia Tuyn oblicza, że zmniejszenie prądu nie przekraczało 10^{-7} na godzinę, co odpowiada czasowi relaksacji, wynoszącemu około 8 lat. A jest to tylko dolna granica tej wielkości! Pobieżny rachunek, przeprowadzony przez Onnesa, prowadzi do wniosku, że opór pierścienia nie był większy od 10^{-12} oporu normalnego.

Dalszą ważną modyfikacją opisanego doświadczenia było użycie pustej kulki ołowianej zamiast pierścienia wewnętrznego. W tym wypadku również kulka została skręcona około osi zawieszenia i w tej pozycji trwała bez zmiany. Analiza tego zjawiska prowadzi do ciekawych wyników. Podczas zanikania pola, w którem umieszczony był przyrząd, w kuli musiały powstać prady, krążące po torach spółosiowych z nieruchomym pierścieniem. Odchylenie kuli i trwanie jej w tem położeniu można wytłomaczyć tylko tem, że prądy w kuli nie zmieniły swego położenia względem samej kuli, że zatem krążyły wciąż po tych samych, niezmiennych torach materjalnych, pomimo, ze są obecnie nachylone ukośnie względem pola, wytworzonego przez prąd w pierścieniu. W warunkach opisanego doświadczenia siły elektrodynamiczne nie działają na prądy, lecz na ich materjalne tory.

Lorentz, zbadawszy tę sprawę teoretycznie, doszedł do wniosku, że gdyby w nadprzewodzacym ołowiu istniało zjawisko poprzeczne Hall'a (ob. przyp. do § 3), prądy w kuli ulegałyby precesji, tory ich zmieniałyby położenie, zatem i odchylenie kuli musiałoby się zmieniać. Z opisanego doświadczenia należy więc wyciągnąć wniosek, że ołów w stanie nadprzewodności nie wykazuje zjawiska Hall'a; tymczasem w temperaturach bardzo niskich, lecz leżących powyżej temperatury przejścia, zjawisko Hall'a zarówno poprzeczne, jak podłużne występuje w ołowiu bardzo wyraznie. I pod tym względem pomiędzy przewodzeniem, a nadprzewodzeniem zaznacza się różnica zasadnicza.

§ 7.

Niezwykłe wyniki doświadczeń z prądami trwałemi budziły obawę, czy istotnie mamy tu do czynienia z prądami elektrycznemi, czy zjawisk odchylania igieł i pierścieni nie zawdzięczamy jakimś innym czynnikom. Dla rozwiania tej wątpliwości wykonano szereg doświadczeń kontrolujących. Najbardziej przekonywującem było następujące: do dwóch bliskich siebie punktów obwodu zamkniętego, utworzonego z drutu nadprzewodzącego, dolutowano końce drutów zwykłych, połączonych z galwanometrem balistycznym. Wzbudzony przez indukcję prąd trwały krążył po nadprzewodniku, omijając obwód galwanometryczny. W pewnej chwili zerwano część nadprzewodnika pomiędzy punktami połączenia: prąd, nie mając innej drogi, musiał teraz skierować się przez galwanometr; zauważono odchylenie balistyczne, w chwili zrywania przez galwanometr przebiegł krótkotrwały prąd elektryczny, szybko stłumiony przez duzy opór obwodu.

Jak ostrożnie należy wnioskować w tych zupełnie nowych i niezwykłych warunkach doświadczenia, dowodzi obserwacja z cewką z drutu nadprzewodzącego, której obwód przerwano; po wzbudzeniu indukcyjnem pradu umieszczona obok cewki igła magnetyczna uległa i teraz odchyleniu, jakkolwiek słabszemu, niz przy obwodzie zamkniętym. Badacze lejdejscy przypisują to działanie prądom Faucault'a, powstającym w masie drutu; istotnie, dzięki skończonej grubości drutu zewnętrzna warstwa każdego zwoju obejmuje więcej linji magnetycznych, niż wewnętrzna; różnica sił elektromotorycznych indukowanych wyrównywa się przez prądy w masie drutu, równie trwałe, jak prądy prawidłowe, wzbudzone w obwodzie zamkniętym. Tłomaczenie to znajduje poparcie w okoliczności, że odchylenie igły jest tem silniejsze, im większy jest przekrój drutu.

§ 8.

Gwałtowna zmiana własności przewodzących metalu, zmiana równie nagła, jak proces topnienia lub przemiany cząsteczkowej, nasuwała przypuszczenie, ze mamy tu do czynienia z analogicznym procesem międzycząsteczkowym Jednak ani zmiany ciepła właściwego, ani przewodności cieplnej, ani własności sprężystych, nie odbywają się w pobliżu temperatury przejścia w sposób nagły, czego możnaby oczekiwać, gdyby zachodziła tu przemiana cząsteczkowa. Poddawano też ołów nadprzewodzący badaniu zapomocą promieni Röntgena; okazało się, że budowa krystaliczna jest taka sama, jak w temperaturach normalnych. Wobec tego należało szukać wyjaśnienia szczególnego zachowywania się oporu elektrycznego w temperaturach bardzo niskich w samym mechanizmie przewodzenia.

Najbardziej rozpowszechniona teorja, t. zw. „teorja gazowa" przewodzenia, rozwinięta przez Riecke'go i Drude'go, zakłada istnienie wewnątrz przewodnika metalowego swobodnych elektronów, poruszających się podobnie do cząsteczek gazu, z tą tylko różnicą, że zmiana kierunku ruchu następuje przy zderzeniu nietylko z innemi elektronami, ale — i to przedewszystkiem — z atomami metalu. Teorja ta zdołała wytłomaczyć sporo zjawisk, choć w spo-

sób, nie pozbawiony wewnętrznych sprzeczności. Prowadzi ona do wzoru na opór właściwy.

$$2) \qquad \rho = \frac{4kT}{e^2 N l u}$$

gdzie *e* oznacza nabój elementarny, *N* — liczbę elektronów swobodnych w jednostce objętości, *l* — ich średnią drogę swobodną, *u* — ich średnią prędkość, zaś $\frac{2}{3}$ *kT* równa się średniej energji kinetycznej elektronów, równej średniej energji kinetycznej cząsteczek gazu w temperaturze bezwzględnej T. Zatem

$$\frac{2}{3} k T = \frac{1}{2} m u^2.$$

Uwzględniając tę zależność i skupiając wszystkie wielkości stałe w jedną stałą C, możemy napisać:

$$3) \qquad \rho = C \frac{\sqrt{T}}{N l}$$

Pogodzenie tego wzoru ze wzorem empirycznym (przybliżonym) $\rho = c'T$ nastręcza duże trudności. Kamerlingh Onnes osiągnął to formalnie, zakładając $= \frac{c}{\sqrt{T}}$ i $N = \text{const.}$ Pierwsze założenie jest trudne do umotywowania, drugie mało prawdopodobne, gdyż trudno przypuścić, aby rozpadanie się atomów na jądra dodatnie i swobodne elektrody, tak podobne do dysocjacji chemicznej, było zupełnie niezależne od temperatury.

Przez wprowadzenie do teorji pojęcia kwantów energji zdołano wyjaśnić dążenie oporu w niskich temperaturach do wartości stałej; natomiast istnienie stałego oporu dodatkowego (ob. § 1), jako skutku zanieczyszczeń, nie daje się z teorją pogodzić. Według Einsteina obecność obcych atomów naraża elektrony na dodatkowe zderzenia; wskutek tego maleje droga swobodna *l* tak, że $\frac{1}{l}$ zwiększa się o stałą wielkość, to zaś zwiększa opór właściwy, według równ. 3), o przyrost proporcjonalny do T, nie zaś stały, jak mówi doświadczenie.

Gdy chodzi o wytłomaczenie nadprzewodności, teorja gazowa zawodzi zupełnie. W temperaturach bardzo niskich *N* powinno być bardzo małe, a dla otrzymania znikomo małego ρ należałoby przyjąć istnienie bardzo dużych dróg swobodnych *l;* wartości te musiałyby przewyższać tysiące razy średnice użytych przewodów. Nagły skok oporu również nie znajduje wytłomaczenia: wzór 2) nie zawiera żadnej wielkości, o której możnaby przypuścić, że zmienia się w sposób nagły i to tak, aby tem móc wytłomaczyć zniknięcie oporu.

§ 9.

Rozwiązania zagadnienia nadprzewodności zaczęto szukać w innej grupie teorji przewodzenia, opartych na wygłoszonem w r. 1900 przez J.J. Thomsona założeniu, że w metalu istnieją elektrony nie swobodne, lecz wiązane z atomami, tak jednak słabo, że z łatwością mogą się oddzielać od jednego atomu, aby się przyłączyć do innego. Przewodzenie, w myśl tych teorji (J. J. Thomson, Benedicks, Bridgman), polega na przekazywaniu elektronu od jednego jądra kolejno do coraz to dalszych (teorje elektroforowe).

Thomson opracował swoją teorję ponownie w r. 1915, przystosowując ją do zjawisk nadprzewodności. Zakłada on w metalu, podobnie, jak w dielektrykach, istnienie dubletów (dipoli), złożonych z dodatniego jądra i elektronu. Osie dubletów, bezładnie rozsiane w zwykłych warunkach dążą do przyjęcia wspólnej orjentacji pod wpływem pola zewnętrznego; temu przeciwdziałają ruchy cieplne atomów, jednak w temperaturach bardzo niskich ich wpływ staje się znikomo mały i dublety układają się w zamknięte łańcuchy. W metalach elektrony, związane bardzo luźno z jądrem, mogą bez przeszkody przechodzić od jednego jądra do drugiego, a raz popchnięte w pewnym kierunku przez zewnętrzną siłę elektrobodźczą, odbywają obieg wzdłuż łańcucha bez widomej straty energji: tem tłomaczy Thomson zjawisko nadprzewodzenia. W temperaturach wyższych do utrzymania łańcuchów potrzebna jest stale działająca siła elektromotoryczna; dla niezbyt silnych pól polaryzacja, a więc i natężenie przewodzonego prądu są proporcjonalne do siły elektrobodźczej, a więc w tym zakresie prawo Ohma jest spełnione.

Na zależność oporu od temperatury Thomson otrzymuje wzór, zgodny z doświadczeniem:

$$4) \qquad \rho = \rho_0 \alpha (T - \Theta).$$

Jednak pewnym konsekwencjom jego teorji zaprzeczają fakty doświadczalne. Tak np. prąd nadprzewodzony powinienby mieć w każdym nadprzewodniku zamkniętym określone natężenie, niezależne od siły elektrobodźczej, a przytem tak wysokie, że przewyższałyby znacznie natężenia, możliwe do urzeczywistnienia w stanie przewodzenia zwykłego. Nadto dla wysokich napięć prawo Ohma w zwykłych przewodach przestawałoby obowiązywać.

Jedną z istotnych cech teorji nadprzewodności J. J. Thomsona jest hipoteza tworzenia się zamkniętych łańcuchów. Tę koncepcję Kamerlingh Onnes połączył z teorją budowy atomu Bohra, według której zewnętrzne elektrony, wchodzące w skład atomu, krążą dookoła jądra po torach eliptycznych. Gdy tory sąsiednich atomów są zbliżone dostatecznie i odpowiednio zorjentowane, elektrony mogą przechodzić bez przeszkody z jednego toru na drugi, a gdy utworzą się łańcuchy nieprzerwane takich atomów, przechodzenie wzdłuż nich elektronów odbywa się bez widocznego oporu. Ruchy cieplne mogą naruszać wytworzone łańcuchy; także i pole magnetyczne może wytrącać atomy z określonej orjentacji, a przez to przerywać ciąg członów łańcucha. W ten sposób tłomaczyłyby się, przynajmniej jakościowo, zjawiska progu temperatury i progu pola magnetycznego.

W każdym razie stan nadprzewodzenia trzeba, zdaniem Einsteina, uważać za coś zasadniczo prostego i normalnego. Podniesienie temperatury nie niszczy powstałych nadprzewodzących nici, lecz rwie je i rozbija na fragmenty. Opór pojawia się przy przechodzeniu prądu z jednego fragmentu do drugiego; im wyższa temperatura, tem drobniejsze fragmenty, tem liczniejsze przerwy i wyższy opór przewodnika.

Doświadczalnego poparcia istnienia trwałych torów prądu elektrycznego w nadprzewodniku, przewidywanych przez teorję łańcuchów, dopatruje się Onnes w wyniku doświadczeń z kulą nadprzewodzącą (ob. § 6). Jednakże doświadczenia Sizoo i de Haas'a zdają się nie zgadzać z teorją łańcuchów. Można obliczyć, że jeden łańcuch, składający się z pojedyńczego ciągu uszeregowanych atomów, może prze-

wodzić prąd, nie przekraczający paru dziesiątych miliampera; na wytworzenie prądów takich, jakie były użyte w opisanych powyżej doświadczeniach, potrzebaby od kilku do kilkudziesięciu łańcuchów. Przypuszczając niezależność poszczególnych łańcuchów od siebie, należało się spodziewać kolejnego ich powstawania, a więc rozpadania się procesu zanikania oporu na szereg drobnych skoków, odpowiadających każdy jednemu łańcuchowi. Doświadczenia dowodzą, wbrew temu, że nadprzewodność powstaje nagle w całym krysztale.

Einstein, któremu zawdzięczamy szereg cennych uwag o teorji nadprzewodności, zwrócił uwagę, że pobieraniu nadliczbowego elektronu przez neutralny atom lub traceniu jednego z normalnej ich liczby towarzyszą znaczne przemiany energietyczne, które muszą powodować rozpraszanie energji. Brak wywiązywania się ciepła Joule'a w nadprzewodnikach każe przypuszczać nieobecność takich przemian; to byłoby możliwe, gdyby każdy atom łańcucha jednocześnie tracił i przyjmował po jednym elektronie, czyli gdyby przechodzenie elektronów odbywało się jednocześnie w całym zamkniętym łańcuchu. Taki łańcuch mógłby się składać tylko z elektronów o ściśle równych czasach obiegu, więc z elektronów, należących do atomów jednego i tego samego pierwiastka: nadprzewodność powinna być możliwa tylko w metalach chemicznie czystych, lub przynajmniej zawierających tak mało atomów obcych, by te nie przeszkadzały tworzeniu się łańcuchów.

To tłomaczy teoretyczną doniosłość badań nadprzewodnictwa w stopach i metalach zanieczyszczonych. Wyniki dotychczasowe jednak nie są w stanie dać jasnej odpowiedzi, ponieważ różne pierwiastki zupełnie różnie zachowują się pod tym względem.

Naogół trzeba stwierdzić, że próbki metali, które mają wykazać stan nadprzewodzenia, muszą być bardzo czyste, a stopy mają nawet w temperaturach bardzo niskich wysokie wartości oporu. Natomiast rtęć, zanieczyszczona umyślnie złotem lub kadmem, zachowuje własność nadprzewodzenia i nie zmienia temperatury zanikania. Cynfolja zamalganizowana nadprzewodzi, a jej punkt zanikania wynosi 4,29°K, t. j. więcej, niż u obu metali czystych (3,7° K i 4,19° K). Eutektyczny stop cyny z ołowiem osiąga stan nadprzewodzenia w temperaturze 4,3° K, więc pomiędzy temperaturami zanikania w metalach czystych (3,7° K i 7,2° K). Ind zanieczyszczony ołowiem posiada znaczny opór dodatkowy (ob. § 1), mimo to staje się nadprzewodnikiem w temperaturze zaledwie o 0,02° niższej, niż ind czysty. Drobne zanieczyszczenia kadmu ołowiem, czy to na powierzchni, czy w masie, sprowadzają opór jego do zera, choć nie wpływają w ten sposób na inne metale.

W myśl hipotezy łańcuchów miejsce spojenia dwóch różnych nadprzewodników powinno stawiać wyraźny opór przejściu prądu elektrycznego. Nie spostrzeżono tego, badając spojenie drutu ołowianego z cynowym. Doświadczenie z prądami trwałemi, opisane w § 6, wykonano z pierścieniem, złożonym z 24 pasków, naprzemian z cyny i ołowiu; otrzymano prąd trwały, jak w pierścieniu jednorodnym. Ale wychylenie pierścienia nastąpiło i wtedy, gdy pierścień został przerwany: widocznie prądy Foucault'a i tu przesłaniały zjawisko zasadnicze.

Z tych kilku szczegółów widzimy, że sprawa jest zawikłana i że nie można z dotychczasowych danych wyprowadzić ostatecznych wniosków na korzyść lub na niekorzyść wymienionych teorji. Sprawa nadprzewodności przedstawia sporo punktów ciemnych, a wyświetlenie ich jest nadzwyczaj ważne, ponieważ może rozstrzygnąć o kierunku, w jakim mają się rozwijać poglądy nasze na istotę prądu elektrycznego przewodzonego.

Słupy surowe czy nasycane? *)

Inż **W. Przelaskowski.**

Przy projektowaniu nowych sieci elektrycznych oraz przy przebudowie istniejących zachodzi częstokroć pytanie, jakie użyć słupy: surowe czy nasycane, — oczywiście, o ile chodzi wogóle o słupy drewniane.

Ponieważ ze względu na pozorną taniość częstokroć są stosowane słupy surowe, postaram się porównać koszt jednych i drugich.

Wprowadźmy następujące oznaczenia:

M kgcm — moment gnący,

P kg — naciąg, działający na ramieniu 1,

l m — odległość od ziemi do punktu zaczepienia naciągu P,

d cm — średnica słupa,

W cm^3 — moment oporu słupa w danym przekroju,

k kg/cm^2—dopuszczalne naprężenie na zginanie,

V m^3 — objętość słupa,

p — oznaczenie słupa nasyconego,

s — oznaczenie słupa surowego.

Porównamy wymiary i objętości dwóch słupów: nasyconego i surowego takich, które mogą wytrzymać ten sam moment gnący z jednakowym stopniem bezpieczeństwa.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Robót Publicznych z dnia 6 lipca 1923 r., ogłoszonem w Nr. 168 Monitora Polskiego, poz. 209, przyjmujemy, że

$$k = 80 \ kg/cm^2$$

$$k_p = 145 \ kg/cm^2$$

$$M_s = W_s \, . \, k_s ; \ M_p = W_p \ k_p.$$

Ponieważ założyliśmy, że

$$M_s = M_p, \text{ otrzymamy, że } W_s k_s = W_p \ k \ ; \ W = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$\frac{\pi d_s^3}{32} . 80 = \frac{\pi d_p^3}{32} . 145$$

$$\frac{d_s}{d_p} = \sqrt[3]{\frac{145}{80}} = 1,22$$

$$d_s = 1,22 \ d_p$$

czyli średnica słupa surowego, wytrzymującego ten sam moment gnący, co i słup nasycany, jest 1,22 razy większa od średnicy tego ostatniego.

---

*) Redakcja niebawem poda obszerniejszą pracę, poświęconą nasycaniu słupów. (Red.)

Cena słupów jest proporcjonalna do ich objętości, a objętosć — proporcjonalna do drugiej potęgi srednicy, wobec czego

$$V = 1{,}22 \cdot V_p;\ V \simeq 1{,}5\,V$$

Objętość słupa surowego jest $1\frac{1}{2}$ razy większa od objętości słupa nasyconego tej samej wytrzymałości.

Większa objętosć surowych słupów jest jedną z przyczyn, dla których słupy te, pozornie tańsze, w wielu wypadkach okazują się droższemi od nasycanych.

Oprócz tego w niektórych rodzajach sieci, jak naprzykład w sieciach tramwajowych, przy większych naciągach zachodzi konieczność stosowania żelaznych słupów, gdyż ustawianie na ulicach drewnianych słupów konstrukcyjnych: bliźniaczych, rozkracznych i t. p. nie jest możliwe.

Obliczymy największy naciąg, jaki mogą wytrzymać słupy surowe i nasycane. Jako największy wymiar słupa przyjmiemy średnicę 23 cm u wierzchołka.

Jeśli ramię wypadkowej naciągów wynosić będzie 6 m, długość słupa nad ziemią $7\frac{1}{2}$ m, przyrost średnicy — 0,7 cm na 1 metr bieżący, to słup nasycany o wyżej podanej średnicy wytrzyma następujący naciąg P_p:

$$P_p \cdot 600 = M_p = W_p \cdot 145 = \frac{\pi \cdot (d_z^3)_p}{32} \cdot 145$$

$$d_z = d_w + 0{,}7 \cdot 7{,}5;\quad d_z = 28{,}2\ \text{cm}$$

$$P_p = \frac{\pi \cdot 28{,}2^3 \cdot 145}{32 \cdot 600} \simeq 532\ \text{kg}$$

Ponieważ naciągi są proporcjonalne do dopuszczalnych naprężeń na zginanie:

$$P_p : P_s = k_p : k_s = 145 : 80$$

największy naciąg dla surowego słupa wyniesie:

$$P_s = P_p \cdot \frac{80}{145} = 0{,}55\,P_p \simeq 293\ \text{kg}.$$

Największy naciąg dla słupów surowych wynosi około 300 kg, dla wszystkich więc naciągów pomiędzy 300 a 532 kg należałoby słupy surowe zamienić na żelazne, które są bez porównania droższe.

Oto druga przyczyna tego zjawiska, iż przy stosowaniu surowych słupów, tańszych od nasycanych, ogólny koszt budowy wypada jednak częstokroć większy.

Trzecią przyczyną, przemawiającą za stosowaniem nasycanych słupów zarówno ze względów technicznych, jak i ze względów gospodarczych, jest znacznie większa długowieczność słupów przesycanych, a co zatem idzie bez porównania mniejsze koszty konserwacji sieci.

Według statystyki Zarządu Niemieckich Poczt, zestawionej na podstawie 50-letniej obserwacji, przeciętna długowieczność surowego słupa wynosi 7,7 lat, a nasyconego kreozotem — 20,6 lat.

Ponieważ stosowane obecnie przesycanie olejami smolistemi w ilości 63 kg oleju na 1 m³ drzewa podług systemu Rüpinga daje doskonałe wyniki, można twierdzić z dużą dozą pewności, że słup nasycony podług systemu Rüpinga posiada conajmniej 3-krotnie większą długowieczność od słupa surowego.

Reasumując powyższe wywody, przychodzimy do wniosku, że stosowanie nasycanych słupów może okazać się tańsze od stosowania słupów surowych z następujących względów:

1. mniejsza objętość słupów nasycanych przy jednakowym momencie gnącym;
2. wyższa granica największego naciągu przy słupach nasycanych w razie jednakowych wymiarów:

$$(P_s)_{najw} \cong 300\ \text{kg};\quad (P_p)_{najw} \cong 530\ \text{kg}$$

3. wskutek 3-krotnie większej długowieczności koszt konserwacji linji na słupach nasycanych jest znacznie mniejszy od kosztów konserwacji linji na słupach surowych.

W okresie 21 lat słupy nasycane należy wymienić tylko jeden raz, a słupy surowe — 3 razy; do tego dochodzą jeszcze koszty robocizny przy wymianie słupów.

Dla ilustracji przytoczę kalkulację zastosowania słupów surowych i słupów nasycanych do linji tramwajowej ogólnej długości około 15 kilometrów.

Linja ta posiada wiele ostrych łuków, a oprócz tego na całej długości biegną wzmacniające przewody o znacznych przekrojach, umieszczone na wspólnych słupach z przewodem jezdnym, wskutek czego naciągi są bardzo znaczne.

Zawieszenie górnej sieci na tej linji wymaga 571 sztuk słupów; ilość słupów dla różnych naciągów została niżej podana w tablicy.

Obliczymy koszt nabycia słupów dla wyżej wymienionej linji tramwajowej w dwóch wypadkach:

1. słupy surowe dla małych naciągów i słupy żelazne kratowe — dla dużych;
2. słupy nasycane dla małych naciągów i słupy żelazne kratowe — dla dużych.

Cena 1 m³ surowych słupów wynosi obecnie w Zagłębiu Dąbrowskiem około 70 złotych*), koszt nasycenia 1 m drzewa olejem smolistym podług systemu Rüpinga w ilości 63 kg oleju na 1 m³ drzewa wynosi $\$$ 4,1 plus koszty wyładunku i naładunku po nasyceniu, licząc po $\$$ 0,1 za 1 m³, co razem wyniesie $\$$ 4,3 za 1 m³ czyli zaokrąglając wzwyż — około 40 złotych.

Koszt nasycanych słupów wyniesie 110 złotych za 1 m³, koszt 1 t żelaznych słupów waha się od 600 do 1000 złotych; przyjmiemy średnio 800 zł.

Wymiary słupów dla różnych naciągów zostały obliczone podług wzorów, podanych na początku niniejszego artykułu.

Rezultaty obliczeń zostały zestawione w tablicy, w której literą „g" została oznaczona waga żelaznych słupów w tonach.

Ogólny koszt słupów w obu wypadkach będzie następujący:

Wypadek I.

66 m³ słupów surowych à 70 zł.	4 620 zł.
191,4 t słup. żelaznych à 800 zł.	153 120 „
Razem	157 740 zł.

*) Cenę tą, zarówno jak i inne ceny, przytaczane przez autora, należy uważać za orjentacyjne. (Red.)

Wypadek II.
152 m³ słupów nasyconych à 110 zł. 16 830 zł.
121 t słupów żelaznych à 800 zł. 96 800 „

Razem 113 630 zł.

Z powyższego zestawienia wynika, że koszt zakładowy przy zastosowaniu surowych słupów jest większy od kosztu przy zastosowaniu nasycanych słupów o 44110 zł. czyli o 39%, jakkolwiek cena jednostkowa drzewa surowego jest znacznie niższa od ceny drzewa nasycanego.

Naciąg Pkg	Ilość sztuk	Wypadek 1-szy					Wypadek 2-gi				
		Drewniane surowe			Żelazne		Drewniane nasycane			Żelazne	
		d_{cm}	V_{m^3}	ΣV_{m^3}	g	Σg_t	d_{cm}	V_{m^3}	ΣV_3	g_t	Σg^t
250	20	21/22	0,47	9,4			18	0,33	6,6		
300	111	13	0,51	56,6			18	0,33	36,6		
350	24				0,26	26,0	19	0,36	8,6		
400	76						20	0,40	30,4		
450	107				0,30	44,40	21/22	0.47	50,3		
500	41						22/23	0,50	20,5		
600	55				0,45	24,75				0,45	24,75
900	68				0,58	39,44				0,58	39,44
1200	31				0,72	22,32				0,72	22,32
1500	22				0,84	18.48				0,84	18,48
2000	16				1,00	16,00				1,00	16,00
		Razem		66		191,39		Razem	153		120,99

Jeśli uwzględnimy jeszcze w kalkulacji to, że surowe słupy są 3 razy mniej długotrwałe, niż słupy nasycane, otrzymamy wynik jeszcze bardziej przemawiający na korzyść tych ostatnich.

Zakładamy, że długotrwałość słupa surowego wynosi 7 lat, nasycanego—21 lat, oprocentowanie kapitału—10% rocznie. Pomijając koszt robocizny przy wymianie surowych słupów, otrzymamy następujące cyfry:

po 7 latach:

Wypadek I.
157 740 (1 + 0,1 × 7) + 4 620 = 272 778 zł.
Wypadek II.
113 630 (1 + 0,1 × 7) = 193 171 „

Różnica 79 607 zł.

po 14 latach:

Wypadek I.
157 740 (1 + 0,1 × 14) + 4 620 (1 + + 0,1 × 7) + 4 620 391 050 zł.
Wypadek II.
113 630 (1 + 0,1 × 14) = 272 712 zł.

Różnica 118 338 zł.

po 21 latach:

Wypadek I.
157 740 (1 + 0,1 × 21) + 4 620 (1 + + 0,1 × 14) + 4 620 (1 + 0,1 × × 7) + 4 620 = 512 556 zł.
Wypadek II.
113 630 (1 + 0,1 × 21) = 352 253 „

Różnica 160 303 zł.

Pierwotna różnica kosztów, wynosząca 44 110 zł. czyli 39% na korzyść słupów nasycanych, stopniowo wzrasta i po 21 latach osiąga swe maksymum, a mianowicie 160 303 zł., czyli 45,5%.

Z podanych wyżej cyfr i zestawień wyciągamy wniosek, że zastosowanie surowych słupów do zawieszenia sieci tramwajowej przy znacznych naciągach bezwarunkowo nie opłaca się.

Ponieważ różnice kosztów wyniosły około 40% na korzyść nasycanych słupów, uważam, że i w innych sieciach należy każdorazowo przeprowadzić porównawczą kalkulację. Niewątpliwie w sieciach innego typu różnice nie wypadną tak znaczne, jednakże decydowanie sprawy „na oko" bez kalkulacji może doprowadzić do wniosków wręcz fałszywych.

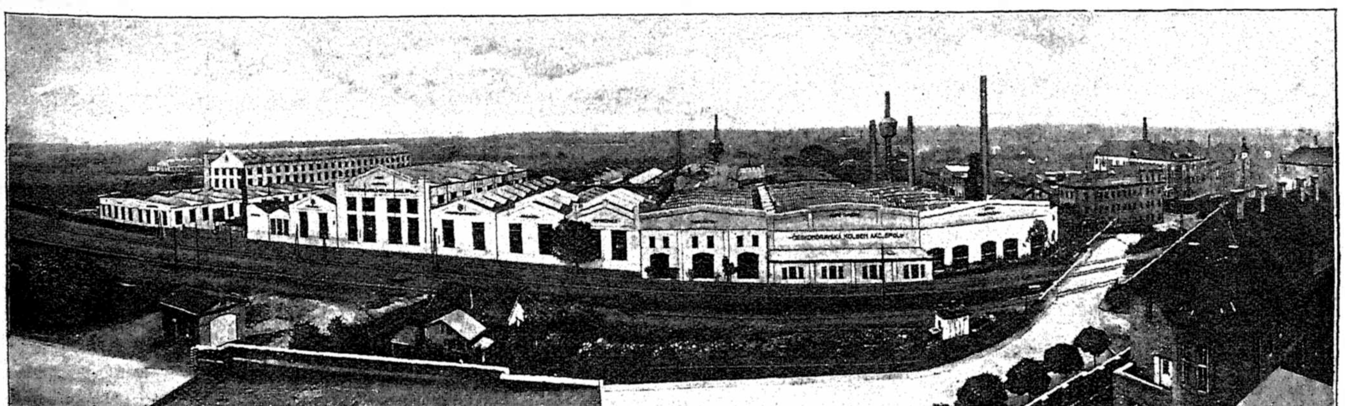
Z czeskiego przemysłu elektrotechnicznego.

Prof. **St. Odrowąż-Wysocki.**

Czeski przemysł elektrotechniczny może się pochwalić szeregiem fabryk, zakrojonych na wielką skalę. Jedną z największych wytwórni maszyn elektrycznych jest „Ceskomoravska-Kolben" w Pradze (CMK).

Fabryka, założona przez inż. Emila Kolbena w roku 1896, liczyła początkowo 30 robotników, po dziesięciu latach — 800, po dwudziestu pięciu — 2 000, a po połączeniu się z „Pierwszą Czeskomorawską Fabryką Maszyn" zatrudnia obecnie około 7 000 osób.

Z trzech głównych fabryk, objętych zakładami Kolbena, jedna wyrabia maszyny parowe, kotły, lokomotywy, maszyny wyciągowe i urządzenia cukrownicze, druga — samochody „Praga", a trzecia, położona na przedmieściu Pragi w Wysocza-

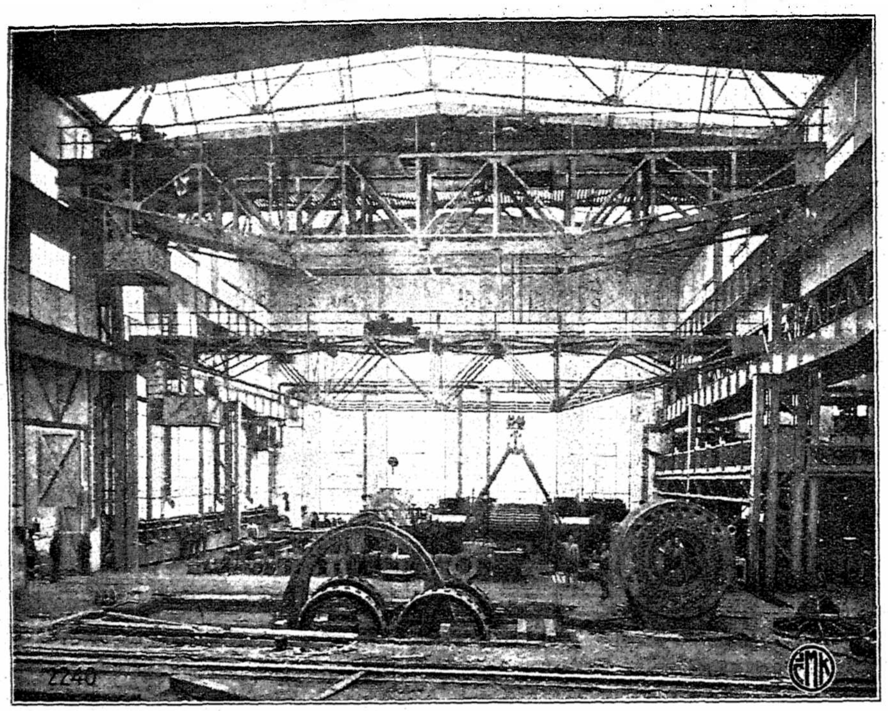


Rys. 1. Ogólny widok fabryki Kolbena w Wysoczanach.

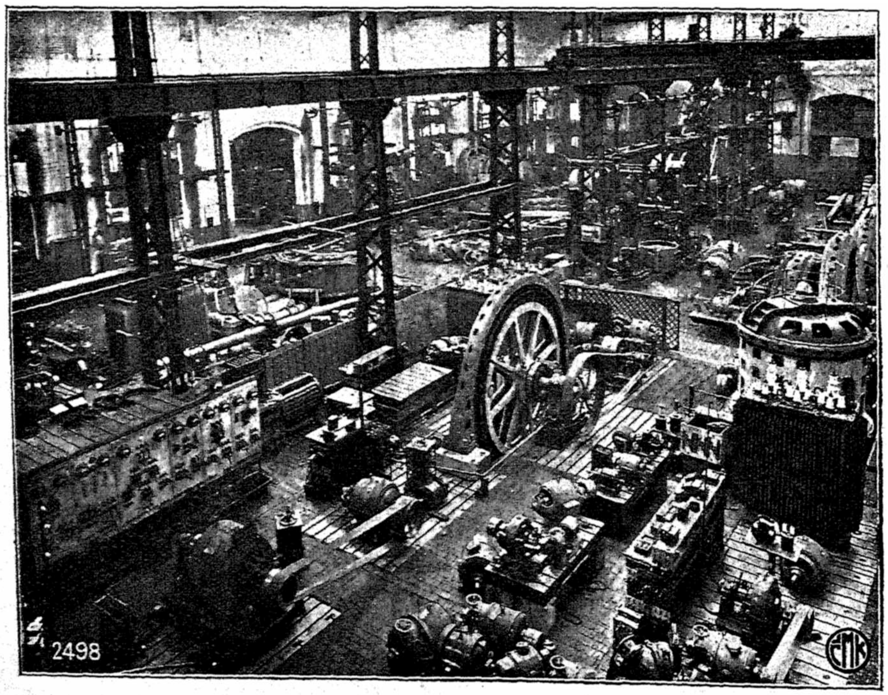
nach. — prawie wyłącznie maszyny i przyrządy elektryczne.

Interesują nas przedewszystkiem zakłady w Wysoczanach. Rys. 1 przedstawia widok ogólny tych zakładów. Wszystkie budynki frontowe — to fabryki maszyn elektrycznych, transformatorów i turbin wodnych. Budynek frontowy najwyższy jest montownią wielkich maszyn. Wysoki i długi budynek na lewem skrzydle wgłębi — to fabryka przyrządów elektrycznych. W budynkach tylnych mieszczą się odlewnie, fabryka małych silników, elektrownia fabryczna (wysoki komin) i fabryki materjałów instalacyjnych.

Zwiedzanie rozpoczynamy od montowni turbin wodnych, nawijalni, nasycalni, tudzież montowni wielkich maszyn elektrycznych i transformatorów. Rys. 2 przedstawia fragment tej montowni z suwnicą na 80 ton. W robocie — stator turboprądnicy (po prawej stronie) o mocy 20 000 kVA przy 6 300 V i 3 000 obrotów; żłobki otwarte, nad żłobkami kanały wentylacyjne.



Rys. 2. Montownia wielkich maszyn elektrycznych.

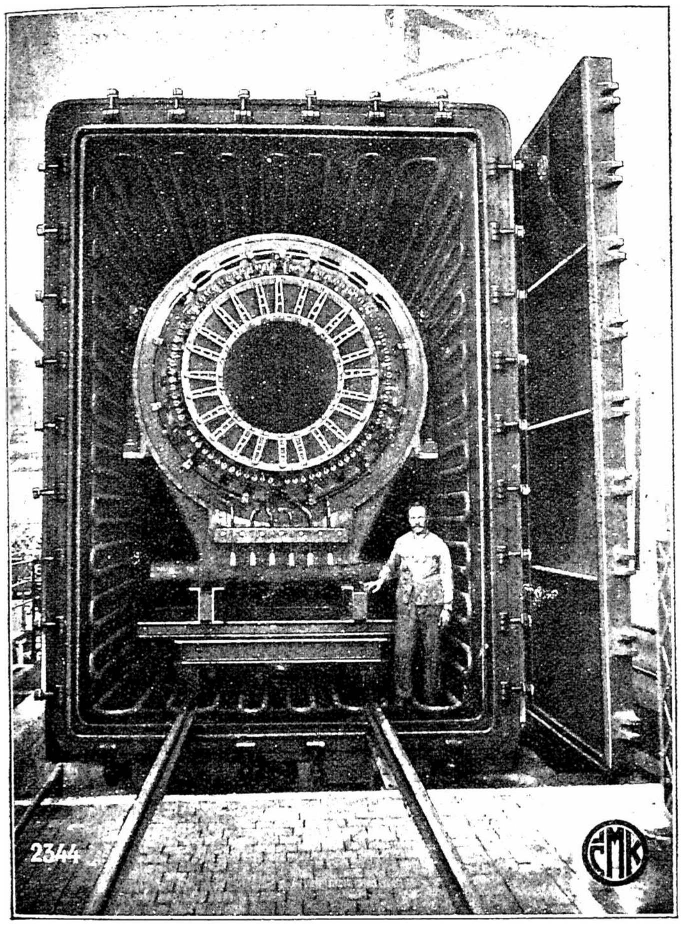


Rys. 3. Probiernia maszyn.

Rys. 3 przedstawia probiernię maszyn elektrycznych.

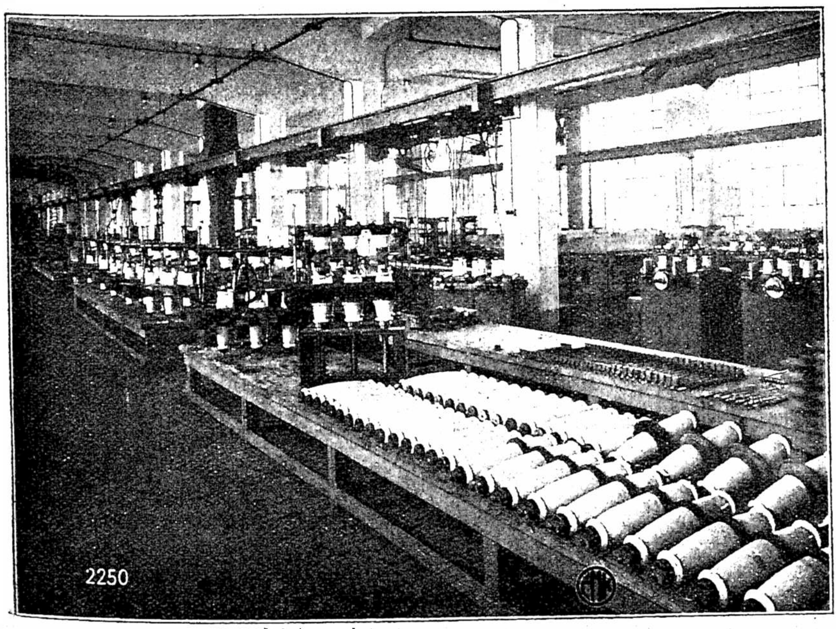
Na rys. 4 widzimy komorę do suszenia uzwojeń pod próżnią. Ogrzewanie — zapomocą pary, cyrkulującej w rurkach. Do komory może się zmieścić transformator o mocy 25 000 kVA.

Przechodzimy do wielkiego budynku żelbetowego, wystawionego przed kilku laty, a przeznaczonego na fabrykę przyrządów elektrycznych. Powietrze, ogrzane parą, rozprowadza



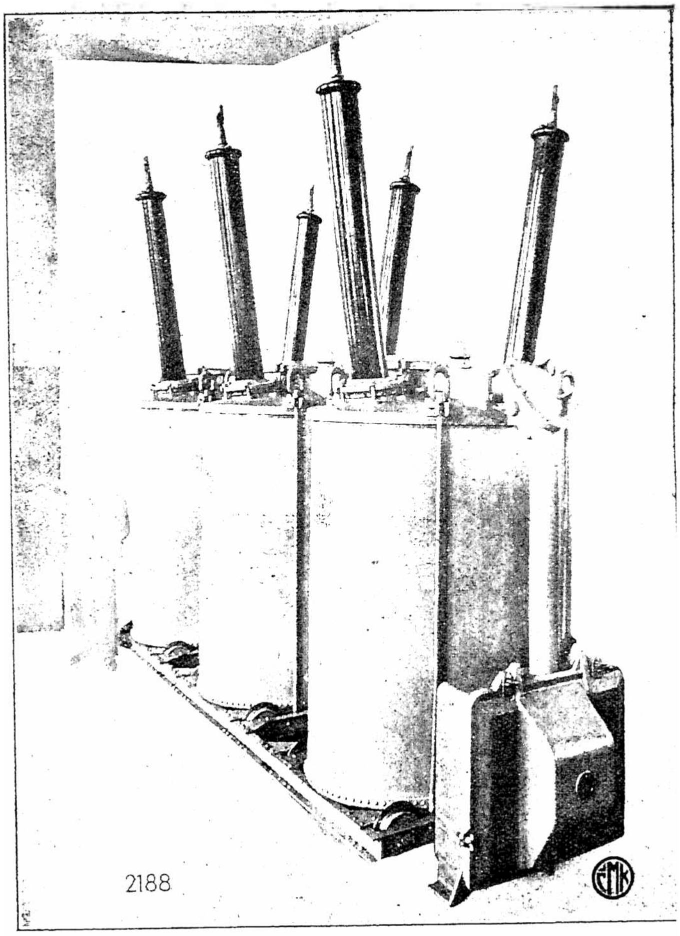
Rys. 4. Stator prądnicy 20 000 kVA w suszarni.

się po salach fabrycznych zapomocą wentylatora tłoczącego, umieszczonego na poddaszu. Budynek ma 4 kondygnacje, przyczem każde piętro jest jedną wielką salą. Rys. 5 przedstawia fragment wytwórni przyrządów.



Rys. 5. Jedna z sal fabryki przyrządów.

Na rys. 6 widzimy trzy wyłączniki jednobiegunowe na 110 000 V, które zespolone są w jeden wyłącznik trójbiegunowy. Rys. 7 przedstawia wielki reflektor dla celów wojennych.



Rys. 6. Wyłączniki na 110 000 V.

Następnie zwiedzamy osobną fabrykę liczników. Przechodzimy do wielkiej odlewni i stalowni z piecami martenowskiemi i temperowemi. Odlewy dochodzą do 25 000 kg w jednej sztuce. W innych budynkach mieszczą się wytwórnie małych silników i rurek izolacyjnych.

Cała fabryka w Wysoczanach zajmuje teren 364213 m², z tego na budynki przypada 10%.

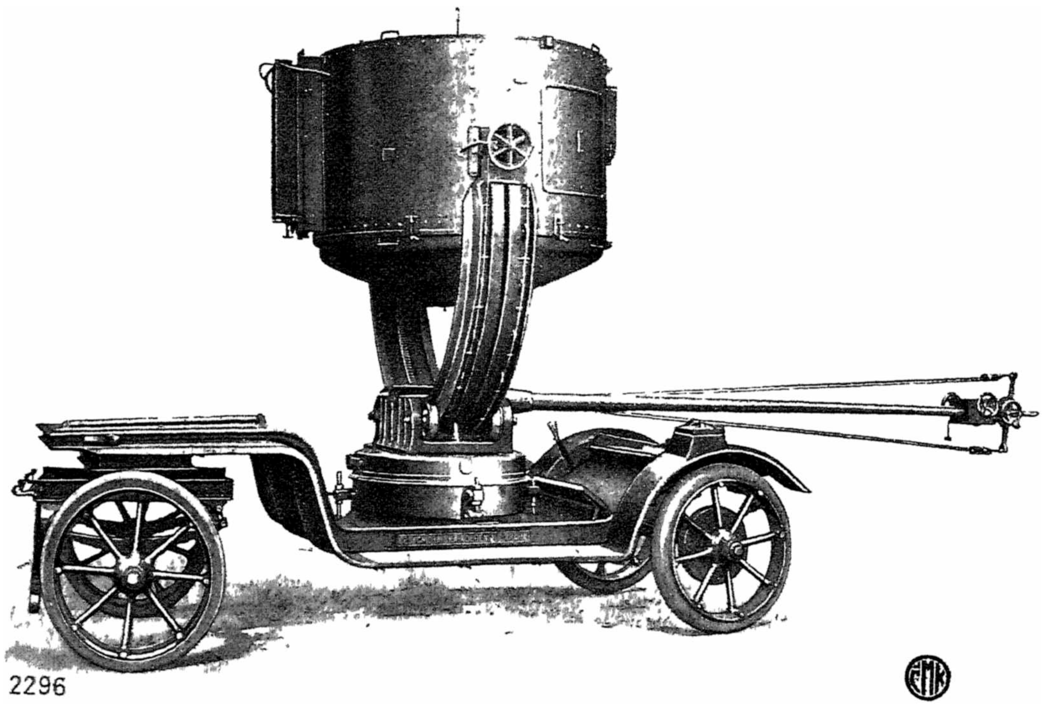
Zwiedzając elektrownie czeskie, rzadko kiedy napotykamy maszyny i urządzenia, zbudowane zagranicą. W głównej elektrowni miejskiej w Pradze wszystkie maszyny bez wyjątku (7 jednostek) o mocy ogólnej 44 200 kVA wyszły z fabryk miejscowych: 6 — z zakładów Kolbena, 1 — Szkody. Nawet dla elektrowni w Erwenicach, pierwszej w Czechach na 110 000 V, z wyjątkiem jednej turboprądnicy z Niemiec, wszystkie maszyny i urządzenia są budowane w kraju. Jedną turboprądnicę zamówiono zagranicą, gdyż podówczas fabryki czeskie nie budowały jednostek na 20 000 kVA przy 3 000 obrotów. Dziś okazało się, że prądnica Kolbena o tej samej mocy pracuje lepiej i znosi większe przeciążenie od maszyny niemieckiej.

Jedną z wielu specjalności „Kolbenki" (tak bowiem nazywają się zakłady w gwarze potocznej) są elektrownie wodne. Do próbowania turbin wodnych fabryka w Wysoczanach ma specjalną probiernię ze sztuczną rzeką.

Zwiedzałem kilka elektrowni wodnych, budowanych w Wysoczanach. Imponujące wrażenie czyni elektrownia w Nymburku (40 km na wschód od Pragi) na Elbie. Pracują tu cztery turbiny Francisa o 215 obrotach na minutę i jedna systemu Storck-Kaplan o 188 obrotach. Nawet w Pradze i Pilznie pracują na sieć miejską pomocnicze elektrownie wodne. Jedna z elektrowni wodnych w Pradze (na wyspie Sztwanicy) korzysta z niewielkiego spadu na Wełtawie i pędzi 3 prądnice Kolbena (z osią pionową) po 550 kVA przy 107 obrotach na minutę, a druga — (na Tesznowie) pędzi 2 prądnice Kolbena (z osią poziomą) po 275 kVA.

Tramwaje w Pradze pracują na prąd stały, przetwarzany z prądu trójfazowego na czterech podstacjach z przetwornicami dwutwornikowemi, jednotwornikowemi i kaskadowemi. Obecnie zamawiane są tylko jednotwornikowe. Zwiedzałem największą podstację (na ulicy Sokolskiej), złożonej z przetwórni starej, skazanej na wymarcie i przetwórni nowej. W pierwszej pracują 2 przetwornice silnikowo-prądnicowe po 450 kW i 4 przetwornice kaskadowe po 500 kW, w drugiej zaś 3 przetwornice jednotwornikowe po 1 000 kW o 750 obrotach na minutę. Puszczanie maszyn jednotwornikowych w ruch odbywa się od strony trójfazowej przy podniesionych szczotkach na kolektorze. Wyłączniki samoczynne w razie zwarcia przerywają prąd momentalnie (ściśle w ciągu $^{1}/_{125}$ sekundy). Jest to szybkość tak wielka, że działka kolektorowa nie zdąży przejść z jednego szeregu szczotek do następnego.

Jednym z prokurentów firmy „Kolben" i wybitnym konstruktorem maszyn elektrycznych jest nasz rodak p. inż. August Bloch, wychowaniec politechniki w Darmsztadzie.



Rys. 7. Reflektor do obrony od samolotów.

Wiadomości techniczne.

Niektóre dane statystyczne z gospodarki elektrycznej w Ameryce. Od pewnego czasu „Electrical World" prowadzi specjalny dział: „Busines facts for Electrical Men" („Dane z dziedziny interesów dla ludzi, zajmujących się sprawami elektrycznemi"), niewielki co do objętości, ale ciekawy ze względu na swą treść, ujętą w krótką zwartą formę, ilustrowaną w dodatku wykresami, które znakomicie ułatwiają zrozumienie podawanych cyfr. Niewątpliwie, dane, dotyczące kolosu amerykańskiego, odbiegają zbyt daleko od warunków naszego ubogiego kraju, aby warto było się niemi zajmować; sądzimy mimo to, iż chwila uwagi im poświęcona może się opłacić i polskiemu czytelnikowi.

Jak stwierdza notatka, z której wzięte są poniższe dane, długi czas w Stanach Zjednoczonych Am. Półn. trwała walka pomiędzy elektrowniami publicznemi a prywatnemi zakładami o przewagę co do ilości wytwarzanej energji elektrycznej. W pierwszym okresie rozwoju, trwającym około 20 lat, przewaga była wciąż po stronie elektrowni prywatnych, dla których odsetek zasilanych przez nie silników elektrycznych w stosunku do ich ogólnej zainstalowanej mocy wciąż się nawet zwiększał, aż w roku 1904-tym osiągnęły one w tym sensie najwyższy poziom, mając w swych rękach zasilanie ok. 72 proc. całkowitej mocy przyłączonej dla napędu. Od tego czasu zaczyna się powolny wzrost udziału elektrowni publicznych w zaspokojeniu zapotrzebowania prądu na siłę, który obecnie podniósł się do 35 proc., podczas gdy 65 proc. wciąż jeszcze jest zasilane z zakładów elektrycznych prywatnych. Ogólna ilość tych ostatnich, znajdujących się w zakładach przemysłowych, stanowi obecnie w Stanach około 8 000, roczna zaś ich produkcja energji — ok. 11 600 000 000 kilowatogodzin.

Poniższe dwie tabliczki dają w zestawieniu liczbowem: pierwsza — ilość i produkcję energji elektrowni publicznych i prywatnych według sześciu dzielnic, na które dzielą się Stany Zjednoczone Am. Półn., zaś druga — moc instalo-

wną silników wszelkiego rodzaju w poszczególnych gałęziach przemysłu, oraz odsetki już zelektryfikowanych urządzeń i oczekujących jeszcze na zelektryfikowanie.

Tablica I. — Ilość elektrowni w Stanach i ich produkcja

N	Dzielnica	Ilość elektrowni. pryw	publ.	ogólna	Produkcja elektrowni prywatnych	publicznych	ogólna
					w 1000 kilowatogodzin		
1.	Nowa Anglja . . .	1 036	365	1 401	1 285 975	3 748 536	5 034 511
2.	Stany Srednio - Atlantyckie . .	2 456	593	3 049	3 915 171	13 968 623	17 883 794
3.	Stany Południowo - Atlantyckie .	704	765	1 469	740 475	5 725 655	6 466 130
4.	Stany Północno-Centralne . .	2 816	3 001	5 817	4 501 535	16 644 922	21 146 457
5.	Stany Południowo - Centralne .	754	1 052	1 806	651 665	3 791 011	4 442 676
6.	Stany Górskie i przy Oceanie Spokojnym	389	579	968	535 940	10 534 456	11 070 396
	Razem	8 155	6 355	14 510	11 630 761	54 413 203	66 043 964
	w %	56,2	43,8	100	17,6	82,4	100,0

Tablica II. Moc urządzeń silnikowych, zainstalowanych w poszczególnych gałęziach przemysłu oraz stopień ich zelektryfikowania.

	Rodzaj przemysłu	k. p ang.	% zelektr
1.	Przemysł metalurgiczny (zelazo i stal)	7 243 340	54,0
2.	„ włókienniczy	3 600 360	56,1
3.	„ spozywczy	3 723 130	60,2
4.	„ drzewny	3 336 333	31,2
5.	„ papierniczy i drukarski	2 742 693	57,2
6.	„ chemiczny	2 738 605	60,3
7.	„ budowy maszyn	2 267 185	80,9
8.	„ obróbki kamieni, glina i szkło	1 919 235	59,3
9.	„ transportowy	1 667 968	87,2
10.	„ metali innych, niz zelazo	1 168 683	81,1
11.	Warsztaty kolejowe	806 438	71,8
12.	Przemysł gumowy	605 634	80,3

i w pozostałych drobniejszych gałęziach przemysłu — o ogólnej mocy zainstalowanych silników 1 124 142 k. p. ang., przeciętnie 70 proc.

(El. W. t. 87 Nr. 3.)

Ulepszenia techniczne w tramwajach w Londynie. Walcząc z wzrastającą wciąż konkurencją linji autobusowych, Zarząd tramwajów miejskich w Londynie wprowadza szereg ulepszeń technicznych.

Ulepszenia te sprowadzają się w pierwszej mierze do usunięcia zupełnego wagonów doczepnych, dalej idzie zamiana silników trakcyjnych na typy silniejsze oraz zaprowadzenie zmian w zewnętrznym i wewnętrznym wyglądzie wagonów

Decyzja w sprawie zupełnego usunięcia wagonów doczepnych nastąpiła po szeregu prób, które wykazały, że jazda bez wagonów doczepnych daje możność osiągnięcia oszczędności 6 minut na linjach, gdzie czas jazdy wynosił od 90 do 100 minut. Aby po usunięciu wagonów doczepnych osiągnąć jeszcze mniejszy czas jazdy, zdecydowano się na zamianę silników.

W 1923 roku w 200 wagonach silnikowych, zaopatrzonych dotąd w silniki 42,5-konne, ustawiono silniki 60-konne. Stare silniki zastosowano do wagonów innych typów, które dotąd posiadały silniki 30 i 35 konne. Ogólna ilość przerobionych w ten sposób wagonów doszła do 800, co kosztowało około 180 tysięcy funtów szterlingów.

Srednia szybkość jazdy została w ten sposób podniesiona z 14,95 km do 15,3 km na godzinę, przyczem dzienny przebieg jednego wagonu powiększył się o 9 km.

Jezeli przyjmiemy, ze jeden wagon silnikowy w eksploatacji jest równoznaczny 2 wagonom doczepnym, to w roku 1925 tramwaje londyńskie przy 1469 wagonach silnikowych posiadały o 10 wagonów więcej, niż przed dwoma laty przy 1421 wagonach silnikowych i 76 wagonach doczepnych. Ilość zaś wagono-kilometrów w przeciągu tego okresu wzrosła o 7% (102,2 miljony w 1923 roku i 109,5 miljonów w 1925 roku), t. j. o ilość, odpowiadającą 100 wagonom.

Sumy więc wydane na prowadzenie reform, pozwoliły na zaoszczędzenie kosztów, związanych z nabyciem 90 nowych wagonów, oraz uniknięcie wydatków na ich utrzymanie i eksploatacje.

Aby uczynić wagony bardziej eleganckiemi, przerobiono przedewszystkiem ustawienie ławek, przyczem przed ostateczną decyzja w tej sprawie robione były liczne próby i doświadczenia. Najwygodniejszem dla publiczności okazało się ustawienie. stosowane obecnie w nowych typach tramwajów warszawskich, a mianowicie ławki podłużne przy wejściu do wagonu i poprzeczne w środku.

Podłoga wagonu została wyłozona grubym dywanem korkowym.

Powiększono również znacznie oświetlenie wagonu. Wieszakom, służącym dla podtrzymywania stojących pasażerów nadano bardziej wygodną formę.

Wreszcie zewnętrznie wagon został polakierowany na wesoły kolor cynobrowy, co odróżnia go zdaleka od dawnych brunatnoczekoladowych wagonów starych typów.

Wyznaczenie temperatury cewek. W ETZ 1926 r. zeszyt 39, str. 1131 podany jest sposób przybliżonego wyznaczania krańcowej temperatury za pomocą różnych materjałów topliwych, zmieszanych z drobną ilością farby anilinowej. Przy topnieniu otrzymuje się odpowiednie zabarwienie.

Kable wysokiego napięcia. Trójfazowe kable o trzech żyłach w jednym płaszczu ołowianym wyrabiane są do 70 k V przy zastosowaniu metalizowanej powierzchni cylindrycznej na izolacji każdej żyły w celu skierowania linji sił w kierunku promieni i uniknięcia nadmiernych miejscowych skupień.

Kable do 110 k V narazie moga być wyrabiane tylko jako jednożyłowe

ETZ. 1926. str. 1143

Niejeden elektrotechnik, wprzągnięty w kierat codziennej pracy zarobkowej, traci, wskutek niezorganizowania i nieuporządkowania naszego życia, niezmiernie dużo energji i czasu na czynności pospolite, czcze i bezpłodne, a jednocześnie uciążliwe, wyczerpujące siły i stępiające umysł. Zeby w takich warunkach nie zaśniedzieć w swej wiedzy zawodowej, trzeba bywać na zebraniach odczytowo - dyskusyjnych Stowarzyszenia Elektrotechników Polskich.

Stowarzyszenia i organizacje.

Protokół Zebrania Odczytowego Koła Warszawskiego Stowarzyszenia Elektrotechników Polskich z dnia 4 stycznia 1927 roku. Przewodniczył kol. F Karśnicki Obecnych było 30 osób Na wstępie przewodniczący wygłosił serdeczne wspomnienie, poświęcone ś. p. Tomaszowi Ruskiewiczowi, wybitnemu i nieodżałowanemu członkowi Koła W przemówieniu swem przewodniczący podkreślił zasługi zgasłego Kolegi na polu elektrotechniki polskiej Zebrani uczcili pamięć zmarłego przez powstanie.

Odczytano i przyjęto protokoł zebrania odczytowego z dn. 21 grudnia r. ub. Przewodniczący komunikuje: 1) na członków Koła zgłosili swe kandydatury p. p. Stefan Kaziblocki i Władysław Jerzy Majewski, 2) składka członkowska w Kole podnosi się z dniem 1 stycznia r. b. do 11 zł. kwartalnie wobec podwyzszenia do 10 zł. składki, wpłacanej przez Koło do Zarzadu Głównego. 3) termin Walnego Zebrania wyznaczono na dzien 1 lutego r. b.

Wysłuchano odczytu kol. Straszewskiego pod tyt. „Rzymski kongres wytwórców energji elektrycznej". Odczyt będzie wydrukowany w „Przeglądzie Elektrotechnicznym". W dyskusji zabierali głos koledzy: K. Siwicki, T. Sułowski, T. Czaplicki i prelegent.

Z Posiedzenia Stowarzyszenia Teletechników w dniu 30.12 1926 r.

Posiedzenie otwiera prezes Stowarzyszenia o g. 8 m. 15. Obecnych 16 członków i 1 gość. Na wstępie prezes zawiadamia, ze wobec choroby sekretarza kol. Niemirowskiego protokół z posiedzenia poprzedniego odczytany nie będzie. Poczem zabiera głos. kol. inż. Jakubowski, który wygłasza odczyt pod tytułem „Prace międzynarodowego kongresu telegraficznego w Berlinie w listopadzie 1926 r.". Przedewszystkiem prelegent ustala plan, według którego ma wygłosić powyższy odczyt, a mianowicie:

I część. — Zasady działania i budowy aparatów telegraficznych dla ruchu międzynarodowego. Tę część odczytu prelegent dzieli na działy: A. Charakterystyka połączeń telegraficznych, gdzie pod połączeniem należy rozumieć obwód linjowy, wraz z włączonemi doń aparatami. B. Ujednostajnienie zasad działania aparatów telegraficznych: a) budowa aparatu międzynarodowego, b) unifikacja alfabetów telegraficznych, c) normalizacja wydajności obwodów telegraficznych, wreszcie C. Sprawa umieszczenia przewodów telegraficznych i telefonicznych w tych samych kablach międzynarodowych.

II część. — Zasady budowy przewodów i sprawy, dotyczące eksploatacji. Tę część odczytu swego prelegent dzieli na: A. Przepisy, dotyczące budowy przewodów telegraficznych dla komunikacji międzynarodowej oraz zabezpieczenia tychże od wpływów prądów silnych. B. Ujednostajnienie istniejących przepisów i aparatów dla pracy przeciwsobnej. C. Pewne zmodyfikowanie niektórych przepisów, dotyczących ruchu telegraficznego. Następnie prelegent przystępuje do właściwego odczytu i szczegółowo omawia poszczególne punkty pierwszej jego części.

Charakterystyka połączeń telegraficznych.

Wobec braku norm dla okreslenia wydajności danego aparatu, czyli szybkości jego nadawania Kongres zajął się przedewszystkiem sprawą ustalenia odpowiedniej jednostki i w tym celu powziął uchwałę, aby za jednostkę szybkości nadawania przyjąć Bo, a to celem uczczenia pamięci inż. Emila Baudot'a.

Jednostka ta ma wyrażać szybkość, z jaką dany aparat wysyła w przewód jeden podstwowy impuls prądu. W ten sposób w aparacie Baudot'a, który przy 180 obr. na min. szczotek rozdzielacza, czyli 3 obr. na sek., wysyła w ciągu jednego obrotu 24 impulsy, — jednostka Bo, czyli czas potrzebny na wysłanie jedngo impulsu, odpowiada $\frac{1}{34 \times 24}$ sek. Szybkość więc nadawania na ap. Baudot'a, czyli ilość impulsów, wysyłanych w jedną sek., wyrażać się będzie liczbą 72 Bo i ta właśnie liczba będzie miarą sprawności ap. Baudot'a.

Szybkość nadawania na ap. Wheatstone'a, wyrażona w jednostkach Bo, odpowiadać będzie dwukrotnej ilości otworów, na które taśma przesunie się w jednostkę czasu.

Ujednostajnienie zasad działania aparatów telegraficznych.

Prelegent przechodzi do punktu a) budowy aparatu międzynarodowego. Zasady, na których ma się oprzeć budowa przyszełgo aparatu telegraf. w ruchu międzynarodowym, zostały ujęte przez referenta na Kongresie Berlińskim w 19 punktach. W myśl tych zasad aparat winien być: drukujący, o 5 impulsowym alfabecie, następnie—wydajność jego powinna wynosić 7500 impulsów czyli 1500 wyrazów na minutę. Biorąc pod uwagę, że przy stosowanym obecnie przekaźniku teoretycznie można wysyłać 15 000 imp., wydajność aparatu międzynarodowego ustala się o 50 proc. mniejszą. Aparat ten winien być wielokrotny, o 4 sektorach. W sprawie wydajności aparatu indywidualnego w systemie wielokrotnym przyjęto na Kongresie:

dla przeciętnej wydajności — 360 znaków na minutę, co właśnie odowiada według doświadczeń niemieckich, przeciętnej wydajności urzędnika,

dla maksymalnej wydajności — 8 znaków na sek., czyli 480 znaków na min.

dla minimalnej wydajności — 4 znaki na sek., czyli 240 znaków na min.

Wreszcie co się tyczy odbioru znaków, — czy na taśmie, jak to praktykuje się w Europie, czy też odrazu na blankietach, jak to ma miejsce w Anglji i Ameryce, — to wskutek rozbieżności zdań Kongres ostatecznej decyzji nie powziął, w kazdym razie ustalono, że przy odbiorze znaków na blankietach klawiatura winna być zbudowana na wzór maszyny do pisania.

b) Unifikacja alfabetów telegraficznych.

Istnieją trzy systemy alfabetów: morzowski, juzowski i pięcioklawiszowy, ułożony przez inż. Baudot'a. W alfabecie morzowskim, wskutek zastosowania prądu jednokierunkowego, na jeden znak potrzeba przeciętnie $8^1/_4$ impulsu, w Ameryce ilość impulsów na jeden znak—przez zastosowanie prądu dwukierunkowego—zmniejszono do 5 z ułamkiem, a w kablach nawet do 3,3 (dzięki zastosowaniu prądu trzykierunkowego +, — i o). Alfabet Juza również ma zbyt małą wydajność dla ruchu międzynarodowego (1,5 znaku w czasie jednego obrotu). Pozostaje więc aparat pięcioklawiszowy. Ten system alfabetu daje nam wszystkie kombinacje, potrzebne do przesyłania wszystkich znaków pisarskich. System ten spotykamy w trzech odmianach: alf Baudot'a, alf. Murray'a i alf. Siemens'a, zależnie od ułożenia kombinacji podstawowych. Niemcy na Kongresie wypowiedzieli się za alfabetem Murray'a.

c) Normalizacja wydajności obwodów telegraficznych.

Przyjęto jako założenie, że przyszły aparat będzie tak zbudowany, że będzie mógł pracować zarówno w systemie indywidualnym, jak wielokrotnym.

Wychodząc z powyższego założenia, Niemcy proponują przyjąć jako normę dla obciążenia dwie wydajności: małą i dużą. Mała wydajność, odpowiadająca aparatom indywidualnym, — o 3000 imp. na min. Duża wydajność, odpowiadająca aparatom wielokrotnym, — o 7200 imp. na min.

Następnie prelegent odczytuje powzięte na Kongresie berlińskim uchwały, dotyczące powyższych punktów odczytu i wyświetla aparat indywidualny — nadawczy i odbiorczy (zewnętrzny jego widok oraz schematy) w wykonaniu firmy Siemens.

Wobec spóźnionej pory dalszy ciąg odczytu odłożono

Na zakończenie prezes zawiadamia o nadejściu od firmy Siemens filmu, obrazującego najnowsze postępy w dziedzinie budowy sieci kablowej telefonów międzynarodowych. Film ten został wyświetlony na zebraniu specjalnem w wielkiej sali Stow. Techników d. 18 stycznia r. b.

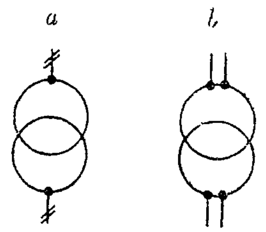
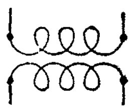
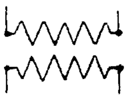
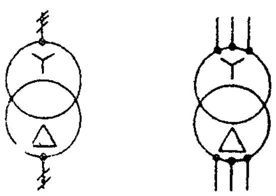
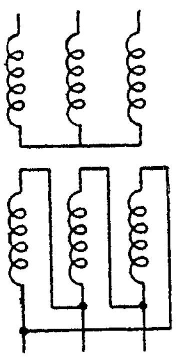
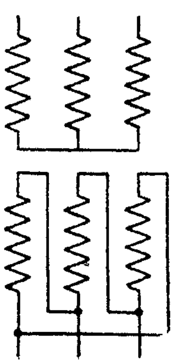
Pozatem jednogłośne przyjęto w poczet nowych członków p. Seydenmana.

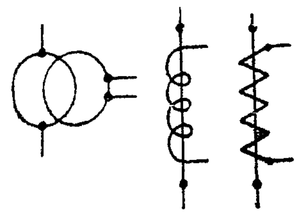
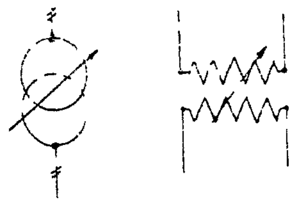
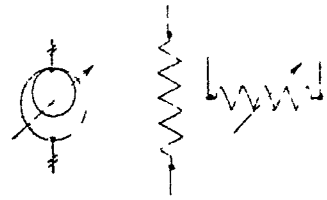
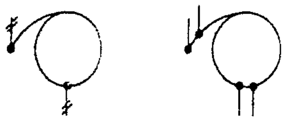
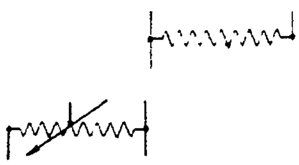
Posiedzenie zamknięto o godz. 10 m.n. 15.

Z Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego.

SYMBOLE GRAFICZNE URZĄDZEŃ PRĄDU SILNEGO

(Ciąg dalszy)

SYMBOL	NAZWA
	C. Transformatory
  	Transformator jednofazowy
  	Transformator trojfazowy, połączenie gwiazda — trojkąt

№	SYMBOL (a, b)	NAZWA
403		Transformatorek pomiarowy prądowy.
404		Transformator z przekładnią zmienianą bez przerwy prądu.
405		Regulator indukcyjny.
406		Autotransformator, symbol ogólny; autotransformator jednofazowy.
407	 	Autotransformator z przekładnią zmienianą bez przerwy prądu.

Uwaga: Przy Nr. 208 i 210 zaznaczono, ze zarówno zygzak jak spiralka mogą być używane dowolnie do przedstawienia uzwojeń maszyn; wszystkie powyższe symbole można zatem układać ze spiralką albo zygzakiem.

Pożądane jest zaznaczanie liczby zacisków, jeżeli ich jest więcej niż przewodów zewnętrznych. Czyni się to dodając odpowiednią liczbę punktów na przewodach zewnętrznych.

Celem zaznaczenia rodzaju prądu i systemu połączeń należy posiłkować się symbolami podanemi w części I (umieszczając je wewnątrz koła lub obok proponowanego symbolu).

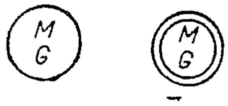
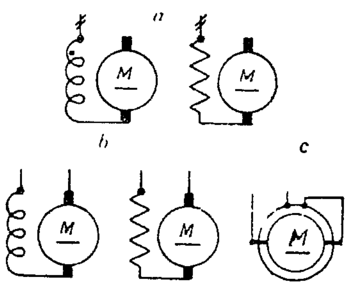
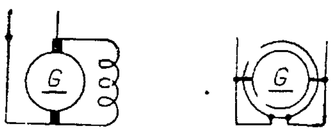
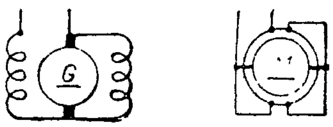
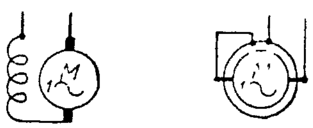
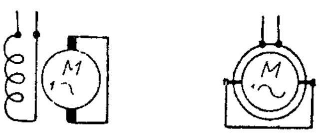
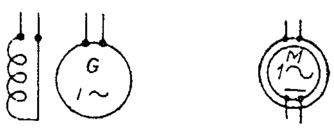
Wskazanie następujących wielkości jest zostawione do uznania częstotliwość (we wspólnym obszarze obu kół lub z prawej strony między uzwojeniami); napięcie (obok zacisków, naprawo od przewodów, lub między dwoma krancami uzwojenia pierwotnego wzgl. wtórnego); moc (najlepiej nalewo od wspólnego obszaru obu kół, lub z lewej strony między uzwojeniami; (p przykłady Nr. 401a, 402a, 404a. w Dodatku).

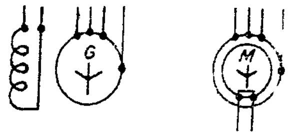
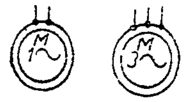
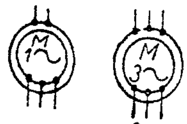
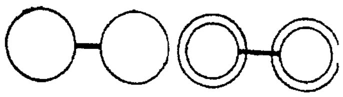
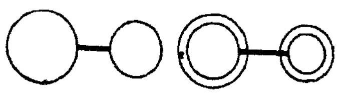
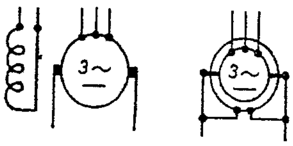
D Maszyny wirujące.

Uwaga: 1. Do schematów maszyn typu "b" (jedna kresa odpowiada jednemu przewodowi), nadają się również symbole *c* mające wielkie zalety ze względu na prostotę (np Nr 505c).

Przy typie *c* zostały przyjęte następujące oznaczenia: Punkty na zewnętrznem kole oznaczają zaciski stojana; punkty na kole wewnętrznem — zaciski wirnika (p Nr. 512c. Grube kreski, poprowadzone promieniowo do wewnętrznego koła, przedstawiają szczotki komutatorowe (p. Nr 509c).

2. Rodzaj prądu i sposób połączeń oznacza się przy pomocy symboli podanych w Cz I, które się umieszcza wewnątrz koła pod literą. Umieszczanie danych tyczących się częstotliwości, napięcia i mocy — dowolne; napięcie w woltach podaje się u góry naprawo od koła, moc w kVA z lewej strony; (p. przykład Nr. 501a w Dodatku)

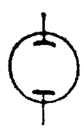
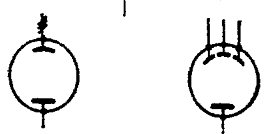
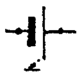
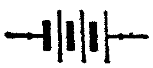
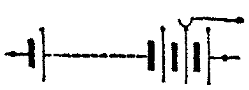
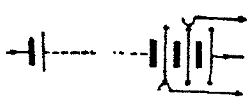
№	SYMBOL	NAZWA
501		Maszyna wirująca, symbol ogólny maszyn, pracujących jako prądnice.
502		Maszyna wirująca, symbol ogólny maszyn, pracujących jako silniki.
503		Maszyna wirująca, symbol ogólny maszyn, pracujących jako prądnice i jako silniki.
504		Prądnica (G) lub silnik (M) prądu stałego, symbol ogólny.
505		Silnik prądu stałego ze wzbudzeniem głównikowem.
506 [1])		Prądnica prądu stałego ze wzbudzeniem bocznikowem.
507 [1])		Prądnica (G) i silnik (M) prądu stałego ze wzbudzeniem bocznikowo-głównikowem.
508		Silnik prądu zmiennego komutatorowy.
509 [1])		Silnik prądu zmiennego komutatorowy szeregowy jednofazowy.
510 [1])		Silnik prądu zmiennego komutatorowy repulsyjny jednofazowy.
511 [1])		Silnik prądu zmiennego komutatorowy jednofazowy (systemu Déri'ego).
512 [1])		Prądnica (G) lub silnik (M) prądu zmiennego synchroniczny jednofazowy.
513 [1])		Prądnica (G) lub silnik (M) prądu zmiennego synchroniczny trójfazowy.

№	SYMBOL	NAZWA
514 [1]	b: c. 	Prądnica (G) lub silnik (M) prądu zmiennego synchroniczny trójfazowy, uzwojony w gwiazdę z przewodem zerowym.
515 [2]		Silnik asynchroniczny jednofazowy wzgl. trójfazowy z wirnikiem zwartym.
516 [2]		Silnik asynchroniczny jednofazowy wzgl trójfazowy z pierścieniami.
517		Zespół maszynowy, symbol ogólny (silnik-prądnica it.p.).
518		Zespół, złożony z maszyny głównej i pomocniczej (np. wzbudnica, silnik rozruchowy).
519	b. c. 	Przetwornica jednotwornikowa trójfazowa synchroniczna.

1) Przy Nr. Nr 208 i 210 zaznaczono, że zarówno zygzak jak spiralka mogą byc używane do oznaczania uzwojeń maszyn; wobec tego symbole tu podane można układać ze spiralką albo zygzakiem, chociaż tutaj, celem uproszczenia tekstu, jedynie spiralkę wybrano. W tym samym celu podano jedynie symbole serji *b*, t. j wszystkie przewody zostały narysowane, ale można zawsze używać symboli serji *a* i rysować jeden przewód z odpowiednią liczbą ukośnych kresek.

2) W symbolach silników asynchronicznych podaje się wewnątrz koła symbol rodaju prądu i sposobu połączenia uzwojeń stojana. Podawanie tego dla uzwojeń wirnika nie jest konieczne; jeśli się to czyni, to odpowiednie symbole umieszcza się również wewnątrz koła pod odpowiedniemi symbolami odnoszącemi się do stojana.

E. Prostowniki, ogniwa, akumulatory.

601		Prostownik rtęciowy, symbol ogólny.
602	a b. 	Prostownik rtęciowy trójanodowy.
603		Ogniwo galwaniczne lub akumulator.
604		Baterja ogniw galwaniczych lub akumulatorów, symbol ogólny.
605		Baterja akumulatorów z ładownicą pojedyńczą.
606		Baterja akumulatorów z ładownicą podwójną.

Uwaga: Krótka gruba kreska oznacza biegun ujemny ogniwa, cieńsza i dłuższa — dodatni; wobec tego umieszczanie znaków + lub — dla oznaczcnia biegunowości — nieobowiązkowe.

POPRAWKI
Do norm na izolatory linjowe

Prezydjum PKE komunikuje, że protest „Norm na izolatory linjowe", ogłoszony w Nr. 12 Przegl. Elektrot. 1926 r., oraz w Nr. 3 Wiadomości PKE ulega poniższym poprawkom, które zostały wprowadzone na podstawie uwag i opinji nadesłanych w sprawie powyższego projektu.

§ 2. Po zdaniu: „Powierzchnia ma być gładka i bez skaz", dodać: „Wyjątkowo polewa izolatorów stojących o napięciu nominalnem do 35 kV może posiadać małe skazy, których powierzchnia sumaryczna dla jednego izolatora nie przekroczy 1 cm^2".

§ 5. Po słowach: „należy wymagać, aby", dodać: „miał taki sam spółczynnik rozszerzalności cieplnej, jak materjał izolatora, aby". Słowo „kit" skreślić.

§ 12B. Ustęp zawarty pomiędzy słowami: „złożonej z", a „Z ogólnej liczby", otrzymuje brzmienie następujące:

1000 sztuk i mniej 5 sztuk, 1000 do 10000 sztuk 3‰, lecz nie mniej, niż 5 sztuk, 10000 sztuk i więcej 2‰.

Po zdaniu zakończonem słowami: „mniej więcej po 25%", wstawić: „Pozostałe niepróbowane sztuki poddaje się zasadniczo tym próbom, których wyniki były ujemne. Wszystkie te izolatory powinny próby wytrzymać".

§ 14b. Skreślić słowa „w fabryce".

§ 15. Zamiast „70 mm^2" wstawić „50 mm^2", poczem dodać: „i umocowywa się na izolatorze za pomocą drutu wiązałkowego o średnicy 2 mm".

§ 16. Zamiast „kulkowym" winno być: „kulowym".

§ 18. Po słowie „intensywności" dodać: „około"

§ 22. Zamiast zdania: „W pierwszej chwili etc.", winno być: „Próbę rozpoczyna się od naciągu nominalnego dla danego izolatora".

Skreślić słowo „masowej", a zamiast „(§ 26)" wstawić: „w sposób podany w § 26".

§ 25. Skreślić słowo „masowej", a zamiast „(§ 26)" wstawić: „w sposób podany w § 26".

§ 26. Po słowach: „w ten sam sposób, co izolatory stojące", wstawić: „Próbę tę należy przeprowadzać po wykonaniu dodatkowej próby mechanicznej (§ 23) badanych ogniw".

Po słowach: „w ciągu 5 minut" postawić średnik i dodać: „jeśli nastąpi w tym czasie uszkodzenie jakiegokolwiek izolatora, zniszczoną sztukę usuwa się, a pozostałe poddaje się próbie na przeciąg dalszych 5 minut".

Sprawy bieżące P. K. E.

VIII Zebranie plenarne P. K. E.

odbędzie się dn. 12 marca 1927 r. o godz. 18-tej w lokalu Stow. Elektrotechników Polskich w Warszawie, ul. Czackiego 5, I-e piętro.

Porządek dzienny.

1. Zagajenie zebrania przez prezesa Komitetu.
2. Przyjęcie protokółu VII Zebrania plenarnego (p. Wiadomości P. K. E. Nr. 5).
3. Sprawozdanie z działalności Komitetu za czas od ostatniego zebrania (19.VI.26).
4. Sprawozdanie kasowe za 1926 r.
5. Preliminarz budżetu na 1927 r.
6. Zmiana statutu i regulaminu P. K. E.
7. Wybory uzupełniające
   a) do prezydjum,
   b) do Komitetu.
8. Przyjęcie norm na izolatory linjowe wysokiego napięcia (p. Wiadomości P. K. E. Nr. 3) oraz „poprawki", podane wyżej.
9. Wolne wnioski.

Prezydjum P. K. E.

Posiedzenie dn. 16.XI.1926 r.

Zatwierdzono do druku następujące normy: znakownictwo, jednostka światłości, miedź wyżarzona, przewodniki izolowane i kable oraz tablice ostrzegawcze.

Ustalono nagłówek norm, jako: „Polskie przepisy i normy elektrotechniczne".

Dyskusja wywołana na terenie międzynarodowym kwestją prawidłowego wymawiania terminu „joule" wykazała, że istnieje kilka odmian wymowy, z których żadna nie jest dotąd ustalona. Wobec tego postanowiono wprowadzić do „Znakownictwa" dwa brzmienia, francuskie i angielskie: „żul" i „dżaul".

Postanowiono opracować oddzielnie znakownictwo przewodów izolowanych i kabli, jako rozszerzone i poprawione wydanie znakownictwa i przedstawić je do zatwierdzenia na zebraniu plenarnem. Znakownictwo to ma objąć przewodniki izolowane, oraz kable dla prądu silnego i słabego.

Omówiono ogólnie sprawy wyzyskania kredytu na r. 1926, oraz preliminarz budżetowy na r. 1927.

Przyjęto do wiadomości zawiadomienie Polskiego Komitetu Normalizacyjnego o wyznaczeniu jako delegata i zastępcy tegoż do P. K. E. pp. prof. A. Rogińskiego i inż. Z. Przybylskiego.

Posiedzenie dn. 14.XII.1926 r.

Omawiano sprawy finansowe Komitetu w związku z trudnościami w ściąganiu zaległych składek oraz dążnością niektórych członków P. K. E. do zmniejszenia wysokości swych składek na r. 1927.

W wyniku dłuższej dyskusji postanowiono wystosować do większych przedsiębiorstw elektrotechnicznych listy z propozycją zadeklarowania składki, dającej możność dalszego rozwoju pożytecznej dla całego przemysłu elektrotechnicznego działalności Komitetu.

Postanowiono przesyłać do C. E. I., oraz do zagranicznych komitetów normalizacyjnych przepisy i normy wydawane przez P. K. E.

Przyjęto do wiadomości zawiadomienie C. E. I., iż termin rozpoczęcia Kongresu Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej w Rzymie 1927 r. został ustalony na dzień 5 września.

W myśl opinji przewodniczącego Komisji lamp elektrycznych ustalono termin wprowadzenia w życie norm na oprawki i trzonki swanowskie na dzień 1 stycznia 1928 r.

Różne.

— W powodzi jubileuszów, jakie w obecnym czasie odbywają się w Niemczech, zasługuje na uwagę obchód 75-ciolecia urodzin Siegmund'a Bergmann'a. W młodym wieku emigruje on do Ameryki, gdzie po zawarciu znajomości z Edisonem, prowadzi wespół z nim szereg przedsiębiorstw pod firmą E. Bergmann and Co. W r. 1890 firma łączy się z Edison Electric Light Co, tworząc podstawy pod przyszły kolos, powstały tą drogą — General Electric Co. Rozwijając żywą działalność na terenie amerykańskim, S. Bergmann nie zapomina o kraju ojczystym, budując w r. 1891 i 1893 w Niemczech dwie wielkie fabryki elektrotechniczne, które niebawem łączą się w jedną całość z założycielem na czele. S. Bergmann, kierując niemi, jako dyrektor, stanowi zarazem łącznik między przemysłem niemieckim a amerykańskim. Wybuch wojny zastaje go w Ameryce, skąd rwie się on całą duszą do kraju, rozumiejąc, jak bardzo jest tam potrzebny w tych ciężkich chwilach, jakie przeżywają Niemcy. Mimo to że wyjazd z Ameryki nie jest łatwy, przeciwnie — połączony z wielu trudnościami, a nawet upokorzeniami, S. Bergmann przezwycięża wszystkie przeszkody i wraca do kraju. Tu następuje moment charakterystyczny. Gdy nastało zawieszenie broni, S. Bergmann zapomina o wszystkich doznanych w Ameryce przykrościach i pierwszy wyciąga rękę do zgody, z ambicji i uczuć swych czyniąc ofiarę dla dobra ojczyzny. Ten szczegół jest przez Niemców podkreślany; widzą w nim oni dowód głębokiego rozwoju uczuć patrjotycznych i pouczający przykład dla młodych pokoleń.

— Niedawno obchodził 30-letni jubileusz pracy naukowo-technicznej W. F. Mitkiewicz, wybitny profesor Politechniki Leningradzkiej i utalentowany inżynier rosyjski. Jubilat jest twórcą oryginalnych teorji łuku elektrycznego, fluksmetru, prostownika aluminjowego, pola elektromagnetycznego i in. Przez szereg lat był sekretarzem redakcji „Elektriczestwa". Cechą charakterystyczną jego działalności naukowo-technicznej jest zamiłowanie do zagadnień technicznych, wynikiem czego jest szereg pomysłów z dziedziny przyrządów, schematów połączeń, projektów urządzeń itd. Ostatnio prof. M. pracuje w dziedzinie telefonji przewodowej i radjotechniki. Osoba jego znana jest w kołach elektryków polaków, ponieważ jest wśród nich wielu jego uczniów.

— Zużycie energji prądu na jednego mieszkańca w 1923 r.

W	Szwajcarji	około 700	kWh.
„	Kanadzie	— 620	„
„	Norwegji	— 500	„
„	St. Zjednoczonych Ameryki Półn.	— 490	„
„	Szwecji	— 370	„
„	Francji	— 150	„
„	Niemczech	— 150	„
„	Anglji	— 140	„
„	Japonji	— 90	„
„	Włoszech	— 80	„

E. T. Z. 1926 r. str. 822

— Ogólne zgromadzenie **Unji Związków Elektrowni** odbyło się 14 grudnia r. ub. i poświęcone było sprawom organizacyjnym; na lata 1927—1928 zostali wybrani: p. Ponti—na prezesa Unji, p.p. Eschwege i Lechien—na wiceprezesów, p. Brylinski—na generalnego delegata Unji. Do Unji został przyjęty Związek elektrowni hiszpańskich (Associacion de productores y distribuidores de Electricidad). Komitet wykonawczy Unji postanowił przeprowadzić badania za pomocą ankiety nad wprowadzeniem wzoru statystyki międzynarodowej. Utworzoną została specjalna komisja do znormalizowania żarówek, ustalenia dla nich warunków technicznych. Komisja ma pracować w porozumieniu z Towarzystwem Phoebus w Bazylei, które reprezentuje najpoważniejsze fabryki żarówek całego świata. Sekretarjat Unji Związków Elektrowni został powiadomiony, iż we Włoszech nastąpiła fuzja zrzeszeń „Associazione Esercenti Imprese Electriche" i „Associazione Nazionale Industrie Electriche (Aniel)". Nowe zrzeszenie nazwało się Związkiem narodowym przemysłu elektrycznego.

Przemysł i handel.

Warszawa.

T r a m w a j e. Na ostatniem posiedzeniu finansowo-budżetowej komisji rady miejskiej przyjęto do wiadomości treść odezwy p. Ministra spraw wewnętrznych z d. 31 grudnia 1926 r. w sprawie taryfy tramwajowej w pierwszym kwartale 1927 r., zatwierdzającą uchwałę rady miejskiej w tej mierze z d. 16 grudnia 1926 r. Zmiany w taryfie ulgowej, przewidziane w uchwale rady miejskiej i zatwierdzone przez Min. spraw wewn., są już wprowadzone, poczynając od 14 ub. m.

Pismo p. Ministra spraw wewnętrznych zgadza się na zmniejszenie odliczania dodatkowej opłaty do ceny biletów tramwajowych na rzecz funduszu bezrobocznych.

Dyrekcja tramwajów miejskich nosi się z zamiarem urządzenia pętlicy przed dworcem głównym, a to w celu posiadania w śródmieściu punktu wyjścia dla linji tramwajowych. Wobec tego dyrekcja tramwajów zamierza zwrócić się do władz kolejowych o pozwolenie, albowiem teren przed dworcem do tych władz należy.

Pętlica byłaby położona przed samym dworcem głównym, zajmując część odcinka, przeznaczonego dla postoju dorożek konnych.

E l e k t r o w n i a. Zarząd elekrowni warszawskiej zwrócił się do Magistratu z prośbą o pozwolenie obliczania rachunków za prąd elektryczny w złocie. Magistrat postanowił przesłać zarządowi elektrowni odpowiedź odmowną. Władze miejskie zgadzają się na przedłużenie koncesji elektrowni warszawskiej na dalsze sześć lat po wygaśnięciu obowiązującej obecnie umowy.

Ze spółek akcyjnych.

„P o l s k i e T o w a r z y s t w o E l e k t r y c z n e podaje do wiadomości, że, poczynając od dnia 7 lutego 1927 roku, przystępuje do wymiany akcji i świadectw tymczasowych markowych wszystkich dziesięciu emisji na akcje złotowe w kasie Zarządu w Warszawie, Al. Jerozolimskie Nr. 71, w poniedziałki, środy i piątki, między godz. 10 rano i 2-ą po poł.

Na każde 80 sztuk akcji po mk. 350.— nominalnej wartości wydana zostanie jedna akcja nominalnej wrtości zł. 30.—.

Wydawca: Wydawnictwo Czasopisma „Przegląd Elektrotechniczny", Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością.

Sp. Akc. Zakł. Graf. „Drukarnia Polska", Warszawa, Szpitalna 12.